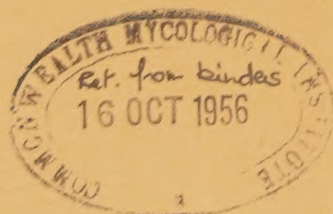


PHYTOPATHOLOGISCHE ZEITSCHRIFT

In Gemeinschaft mit

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Appel-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. Atanasoff-Sofia, Prof. Dr. Boas-München, Prof. Dr. W. B. Brierley-Reading, Prof. Dr. Foex-Paris, Regierungsrat Dr. E. Köhler-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. Liro-Helsinki, Prof. Dr. Müller-Berlin-Dahlem, Prof. Dr. E. Münch-München, Prof. Dr. Petri-Rom, Prof. Dr. Quanjer-Wageningen, Prof. Dr. Tr. Savulescu, Bukarest, Prof. Dr. Stakman-St. Paul, U. S. A., Prof. Dr. Takewo Hemmi-Kyoto, Prof. Dr. Westerdijk-Baarn

und unter Mitarbeit von

Reg.-Rat Dr. **H. Rabien,** Braunschweig-Gliesmarode

herausgegeben von

Prof. Dr. G. Gassner, Magdeburg und Prof. Dr. E. Gäumann, Zürich

BAND XIV



Mit 190 Abbildungen

1944

VERLAG VON PAUL PAREY IN BERLIN

Phytopath. Z. Bd. XIV S. 1—628, Bln. 1944

Inhaltsverzeichnis zum XIV. Band

1. Abhandlungen

2. Kurze Mitteilungen

Inhaltsverzeichnis

Aus dem Phytopathologischen Laboratorium Willie Commelin Scholten
in Baarn, Holland
Leiterin: Prof. Dr. Joh. Westerdijk
und aus dem Institut für spezielle Botanik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich, Schweiz
Direktor: Prof. Dr. E. Gäumann

Der Einfluß verschiedener Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn

Von

Alida Jaarsveld

Mit 26 Textabbildungen

Einleitung und Literaturübersicht

Seit der Zeit von Koch und Pasteur hat man sich bei dem Studium von Mikroorganismen hauptsächlich mit ihren Reinkulturen beschäftigt. In den letzten Jahrzehnten aber hat sich das Interesse verschiedener Forscher überdies dem gegenseitigen Einfluß von Mikroorganismen auf einander zugewandt, wie er auch meistens unter natürlichen Verhältnissen vorkommen wird.

Es hat sich gezeigt, daß dieser Einfluß sehr oft antagonistischer Art ist. Unter Antagonismus bei Mikroorganismen versteht man einen Einfluß

von einem Organismus auf einen anderen in der Weise, daß dieser dadurch in irgendeiner Hinsicht, z. B. in bezug auf Wachstumsgeschwindigkeit, Entwicklungsbild, Parasitismus ungünstig beeinflußt wird.

Von der Literatur über dieses Thema, die also noch nicht sehr alt ist, sind in den letzten Jahren einige Zusammenfassungen erschienen (Fawcett, 1931; Waksman, 1937; Garrard and Lochhead, 1938; Katser, 1938; Porter and Carter, 1938; Weindling, 1938; D'Aeth, 1939; Van Luijk, 1939; Sanford, 1939). In dieser Literatur kann man zwei Richtungen unterscheiden, eine solche, welche sich nur mit dem Studium von Kombinationen von Mikroorganismen in Kulturmedien, auf festen oder flüssigen Nährböden beschäftigt, und eine andere, welche den Effekt von Kombinationen von Mikroorganismen, Saprophyten und Parasiten, in bezug auf Pflanzen beschreibt.

Über erstere Kategorie ist schon viel veröffentlicht worden. Älteren Datums ist ein Aufsatz von Molliard, 1903, der über Perithezienbildung von *Ascobolus* arbeitete. Seine Reinkulturen bildeten ziemlich viel Luftmyzel, und erst nach 4—6 Wochen entstanden Perithezien. In einzelnen Röhrchen aber war fast kein Luftmyzel vorhanden und in diesen bildeten sich schon nach 10—15 Tagen Perithezien. Es zeigte sich, daß diese Kulturen von einer Bakterie verunreinigt waren. Er stellte dann ein Experiment an, wobei er *Ascobolus* mit der Bakterie zusammen impfte; auch jetzt wurden nach 10—15 Tagen Perithezien von normaler Größe und mit Askosporen gebildet, während die in den Reinkulturen von *Ascobolus* klein blieben und sich nicht völlig entwickelten. In diesem Falle ließ sich also eine deutliche Stimulation nachweisen. Worauf diese Wirkung beruht und ob sie spezifisch ist, wurde nicht untersucht.

Einen anderen Fall, der auch zufällig gefunden wurde, beschreibt Elliott, 1917. Er arbeitete mit *Alternaria* und *Macrosporium*. In einigen Petrischalen gab es als Verunreinigung eine Bakterie, die das Wachstum der Pilze deutlich hemmte. Er kombinierte dann absichtlich diese Pilze mit jener Bakterie, und daneben, zum Vergleich, mit *Escherichia coli* (Migula) Cast. et Chalm. und *Bacillus subtilis* Cohn [1]). Die Pilze wuchsen durch die Kolonien von *Escherichia coli* und *Bacillus subtilis*, doch der anderen Bakterie gegenüber zeigten sie wieder eine starke Wachstumshemmung. Bei dieser letzten Kombination trat bei den Pilzen auch noch eine morphologische Veränderung auf, nicht beim Luftmyzel, sondern beim submersen Myzel; dieses wurde nämlich viel dunkler als normal und sehr torulös. An den Hyphen und am Ende von deren Verzweigungen wurden Anschwellungen gebildet. Auch Porter (1924) und Arrillaga (1935) beschreiben morphologische Veränderungen bei Kombinationen von Pilzen.

1919 erschien eine Arbeit von Zeller und Schmitz. Sie experimentierten mit 18 Pilzen, welche sie immer zu Dritt in Petrischalen

[1]) Bei Elliott: *Bacillus coli* und *Bacillus subtilis*.

kombinierten. Dabei zeigte sich am häufigsten Wachstumshemmung vor und nach Kontakt, d. h. die Kolonien wuchsen entweder bis auf einen bestimmten Abstand auf einander zu, oder sie wuchsen, bis sie einander berührten; im letzteren Falle bildete sich eine gerade Scheidungslinie. Weniger oft trat Stimulation nach und sehr selten vor Kontakt ein. Schließlich folgte in bestimmten Fällen dem Kontakt erst eine Wachstumshemmung und dann eine Stimulation; Zeller und Schmitz meinen, daß dieses öfters auftretende Phänomen mit der Theorie von Clark (1899) dahin zu erklären sei, daß verschiedene Abbauprodukte, die anfangs bei bestimmten Konzentrationen das Wachstum hemmten, später bei anderen Konzentrationen die Entwicklungsgeschwindigkeit des Myzels in den gehemmten Kulturen steigerten. Weil sowohl Hemmung als auch Stimulation vor Kontakt auftreten, liegt die Annahme auf der Hand, daß dieselben durch Diffusion von Stoffen stattfinden.

Weiter haben Zeller und Schmitz untersucht, ob vielleicht das pH eine Rolle spielen könnte. Sie bestimmten das pH von Nährlösungen, in denen die Pilze während drei Wochen gewachsen waren; sie fanden aber keinen Zusammenhang zwischen dem pH und dem hemmenden oder stimulierenden Vermögen eines Pilzes. Hingegen zeigte sich aus den Versuchen von Rosen und Shaw (1929), daß das pH dennoch eine Rolle spielen kann. Sie experimentierten mit zwei Bodenpilzen, *Sclerotium Rolfsii* Sacc. (Fäulniserreger von Melonen) und *Fusarium vasinfectum* Atk., das bei ihnen in Arkansas häufig im Boden vorkommt (Anhäufung in der Baumwollkultur). Während das Wachstum von *Sclerotium Rolfsii* durch alkalische und neutrale Nährböden ungünstig beeinflußt wurde, konnte *Fusarium* sowohl auf saurem als auch auf alkalischem Boden gedeihen, wobei das pH des Nährbodens nach 7 verschoben wurde. Auf saurem Boden, wo jeder Pilz einzeln gut wachsen konnte, wurde aber in der Kombination das Wachstum von *Fusarium* durch *Sclerotium* ziemlich stark beeinträchtigt.

Die Literatur, welche über den Effekt von Kombinationen von Mikroorganismen, Saprophyten und Parasiten, in bezug auf Pflanzen erschienen ist, ist größtenteils jüngeren Datums. Mehrere Forscher haben nachweisen können, daß die Virulenz von parasitischen Mikroorganismen durch die Anwesenheit anderer Mikroorganismen mehr oder weniger stark beeinflußt werden kann. 1913 erwähnt Fawcett, daß beim Infizieren von Citrusbäumen mit zwei, drei oder vier Pilzen zusammen die Bäume in bestimmten Fällen in viel kürzerer Zeit abgetötet wurden, als wenn man sie nur mit einem dieser Pilze infizierte. In diesem Falle spricht man von Synergismus (nach Holman und Meekison, 1926), wobei also eine Kombination von Mikroorganismen einen Effekt hervorbringt, zu dem die einzelnen Komponenten allein nicht im Stande sind.

1*

1923 beschreibt wieder Fawcett, wie er aus Citrusbäumen mit „brown rot gummosis" neben *Phytophthora citrophthora* (Sm. et Sm.) Leonian oft auch ein *Fusarium* isolierte. Infizierte er mit beiden Pilzen zusammen, ging der Befall rascher vor sich und war heftiger, als nur mit *Phytophthora*, während *Fusarium* allein nicht im Stande war, in der Wunde weiterzuwachsen.

Savastano und Fawcett publizierten 1929 eine Arbeit über Infektionsversuche mit verschiedenen Pilzkombinationen auf Zitronen und Orangen. Auch sie fanden deutliche Beispiele von antagonistischer und synergistischer Wirksamkeit. Weiter machten sie Versuche bei verschiedenen Temperaturen und stellten fest, daß die Temperatur einen selektiven Effekt ausüben könne, wodurch bei Fäulnis ein Organismus aus einer Kombination eine größere Rolle spielen kann als die anderen Komponenten.

Bamberg erwähnt 1930, wie aus mit *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger infizierten Maispflanzen, die jedoch nicht krank geworden waren, eine Bakterie isoliert wurde, welche die normale Infektion verhinderte. Diese Bakterie vermochte auch, wenn sich schon Brandgallen gebildet hatten, diese zu vernichten. Auf künstlichem Nährboden wurden Kolonien von *Ustilago zeae* fast ganz vernichtet, wenn man diese Bakterie hinzufügte. Auch Kolonien von verschiedenen anderen Brandpilzen wurden durch diese Bakterie in ihrer Entwicklung gehemmt.

Ein Fall von Synergismus bei pflanzenparasitären Bakterien ist 1932 von Burkholder und Guterman beschrieben worden. Aus Blattflecken von Efeu isolierten sie zwei Bakterien, von denen nur eine sich als parasitisch erwies. Bei Infektion mit beiden Bakterien zusammen traten die Symptome aber viel schneller auf, als bei alleiniger Infektion mit dem Parasiten; auch wurden die Flecken größer. Etwas derartiges wurde, auch bei Efeu, 1934 von White und McCullock beschrieben.

Viele der Forscher, die sich mit dem Problem Antagonismus im Zusammenhang mit Parasitismus beschäftigen, haben mit Bodenpilzen gearbeitet. Eine der ersten einschlägigen Mitteilungen finden wir in einer ziemlich alten Publikation vom Jahre 1911 von Busse, Peters und Ulrich über Wurzelbrand von Rüben. Sie sahen, daß nicht desinfiziertes Saatgut in sterilisiertem Boden oft mehr kranke Pflanzen hervorbrachte als in nicht sterilisiertem Boden, und meinten dies dadurch erklären zu können, daß durch die Bodensterilisation die Konkurrenz zwischen anderen Pilzen und dem mit dem Saatgut mitgekommenen Parasiten ausgeschaltet wurde. Sie stellten dann mit verschiedenen *Fusarium* spp. und *Alternaria* einige Versuche in Töpfen an; sie mischten diese Pilze mit sterilem Boden, in den sie nicht desinfizierte Samen ausgesät hatten. Während in den Kontrolltöpfen 73,6 % der Keimpflanzen Wurzelbrand durch *Phoma betae* Frank aufwiesen, wechselte der Prozentsatz in den Töpfen mit *Fusarium* und *Alternaria* von 2,3 bis 9,4. Sie meinen, daß die für die Praxis wichtige Tatsache, daß auf verschiedenen Äckern viel weniger Wurzelbrand auf-

tritt, als man wegen des Besatzes des Saatgutes mit Parasiten erwarten dürfte, sich dadurch erklären lasse, daß Bodenorganismen mit den Saatparasiten konkurrieren.

Ähnliche Resultate publizierte Hartley 1921 bei seinen Untersuchungen über die Umfallkrankheit („damping off") in Koniferenbaumschulen. Er experimentierte mit *Pythium de Baryanum* Hesse in nicht sterilisiertem Boden und in Boden, der vorher im Autoklaven sterilisiert worden war. Im sterilisierten Boden wurden die Pflänzchen stärker befallen. Um festzustellen, ob dieser Unterschied durch die Erhitzung des Bodens (wobei doch immer physische und chemische Veränderungen auftreten) oder durch das Ausschalten konkurrierender Organismen verursacht wurde, machte er Versuche mit Kombinationen von Saprophyten. Durch das Hinzufügen von Saprophyten wurde der Einfluß von *Pythium de Baryanum* tatsächlich verringert, Auch bei Versuchen in Petrischalen wurde das Gedeihen von *Pythium de Baryanum* durch die Saprophyten beeinträchtigt. Hartley ist der Meinung, daß vielleicht auch im Boden das Wachstum von *Pythium de Baryanum* durch die Saprophyten gehemmt wird, sei es durch Toxinbildung, sei es dadurch, daß die Nährstoffe verbraucht waren, sei es noch auf eine andere Weise.

1921 hat Millard bewiesen, daß das Auftreten von Kartoffelschorf zurückgedrängt werden kann, wenn vor der Aussaat grüne organische Substanz in den Boden gebracht wird. Damals meinte er, daß der Schorferreger, *Actinomyces scabies* (Thaxter) Güssow, dann längere Zeit saprophytisch lebe. Später dachte man an die Möglichkeit, daß andere Organismen einen Einfluß ausüben könnten. Der Zusatz von grüner organischer Substanz („green manuring") fördert auch das Wachstum von saprophytischen und parasitischen *Actinomyces*-Arten. Wahrscheinlich entwickeln die saprophytischen Arten sich stärker und töten oder hemmen die parasitischen.

1927 publizierten Millard und Taylor einige Versuche, welche sie über diese Materie anstellten. Sie arbeiteten mit einem virulenten Parasiten, *Actinomyces scabies* (Thaxter) Güssow, kombiniert mit einem obligaten Saprophyten, *Actinomyces praecox* Millard et Burr. In sterilisierter Erde mit beiden Organismen wurde die Wirkung von *Actinomyces scabies* so weit heruntergedrückt, daß von dem Parasitismus nichts mehr zu bemerken war. Auf künstlichem Nährboden konnten beide Organismen nebeneinander gedeihen; der Saprophyt wuchs aber viel schneller als der andere, der dann schließlich durch Hunger gehemmt wurde. Goss (1937) und Sanford (1939), die auch Versuche über den antagonistischen Effekt von *Actinomyces praecox* anstellten, ist es aber nicht gelungen, die Resultate von Millard und Taylor zu bestätigen.

Plakidas beschreibt 1930 noch einen Fall von Antagonismus bei einer *Pythium*-Wurzelfäule von Himbeeren. Aus der Wurzelfäule wurden 9 *Pythium*-Arten isoliert, von welchen nur eine ein Parasit war. Als jetzt

steriler Boden mit einem Gemisch der 9 Pilze infiziert wurde, war der Befall viel weniger stark, als bei Infektion mit dem Parasiten allein.

Henry konstatierte 1931, daß der Parasitismus von *Helminthosporium sativum* P. K. et B. von verschiedenen Bodenpilzen beeinträchtigt wird. Der antagonistische Effekt in seinen Versuchen war um so größer, je mehr saprophytische Organismen er dem sterilisierten Boden beifügte. Er meint, daß dieser Antagonismus wahrscheinlich dadurch zu erklären sei, daß die im Boden vorhandenen Nährstoffe von den Saprophyten verbraucht werden.

Sanford und Broadfoot (1931) fanden bei ihren Untersuchungen über *Ophiobolus graminis* Sacc., daß die Infektion von Weizensämlingen mit diesem Pilz durch die antagonistische Wirkung einer Anzahl von Pilzen und Bakterien fast völlig ausgeschaltet wird. Um zu erforschen, ob nur Mangel an Nährstoffen der Grund des Antagonismus sei, stellten sie mit den Filtraten jener Pilze und Bakterien Versuche an; sie züchteten diese auf einer Nährlösung und filtrierten nachher durch Berkefeldfilter. Obgleich die heilende Wirkung der lebenden Kulturen stärker war, hatten auch verschiedene Filtrate einen hemmenden Einfluß auf den Parasitismus. Es ist also nicht ausschließlich ein „Kampf ums Dasein“, sondern wahrscheinlich in der Hauptsache eine Wirkung von Toxinen. Sanford und Broadfoot stellen sich vor, daß die Wirkung der lebenden Organismen deshalb stärker ist als die der Filtrate, weil in den Filtraten nur eine bestimmte Menge Toxin vorhanden ist, während in den Kulturen mit lebenden Organismen immer wieder Toxin neu gebildet wird.

Richardson beschreibt 1933 noch einen Fall antagonistischer Wirkung von einer Anzahl Bodenorganismen auf den Parasitismus von *Verticillium dahliae* Klebahn bei einer Welkekrankheit von *Solanum melongenum*. Im gleichen Jahr beschreiben Bisby, James und Timonin die antagonistische Wirkung von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz auf den Parasitismus von *Fusarium culmorum* (W. Sm.) Sacc. und *Helminthosporium sativum* P. K. et B. bei Gerste. Sie nehmen an, daß *Trichoderma* parasitisch auf die anderen Pilze wirke, haben das aber nicht genauer studiert, weil während ihrer Versuche im Jahre 1932 eine Publikation von Weindling über Parasitismns von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz auf *Rhizoctonia solani* Kühn und anderen Pilzen erschien. Weindling sah bei verschiedenen Kulturen, wie *Trichoderma*-Hyphen sich um die Hyphen vom *Rhizoctonia*-Luftmyzel schlangen und so die *Rhizoctonia*-Kolonien vernichteten. Das Protoplasma der angegriffenen Zellen koagulierte, die Hyphen wuchsen nicht mehr und brachen oft bei einem Septum ab. Auch interner Parasitismus kam vor. Im Jahre 1934 (b) führt er noch eine Reihe von Pilzen an, die auch *Rhizoctonia* befallen können.

Auch Butler (1935) sah etwas derartiges bei der Kombination von *Trichoderma* mit *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Duggar in Petrischalen. Drechsler erwähnt 1938 zwei Hyphomyzeten als Parasiten von ver-

schiedenen Wurzelfäule verursachenden Oomyzeten, deren Oosporen sie angreifen. Er meint, daß diese Hyphomyzeten bei der Bekämpfung der Oomyzeten eine große Rolle spielen könnten. Moritz, der 1933 eine Arbeit über *Ophiobolus* publizierte, hatte auch beobachtet, daß nicht sterilisierter Boden eine Infektion nahezu verhindern konnte, und er nahm ebenfalls an, daß der Antagonismus u. a. vielleicht mit Epiparasitismus zu erklären sei. Garrett (1934) vertritt die Ansicht, die Tatsache, daß in Australien auf leichteren Sandböden in den ersten 20—30 Jahren Ophiobolose viel stärker auftritt als später und als auf schwereren Böden, sei aus der geringeren Aktivität des mikrobiologischen Faktors zu erklären, d. h. Ophiobolose komme auf diesen Böden wegen des geringen Gehaltes an Bodenorganismen häufiger vor.

1938 beschrieb Van Luijk den antagonistischen Effekt verschiedener Pilze auf Erkrankung durch *Pythium*-Arten. Er beobachtete u. a., daß die schädliche Wirkung von *Pythium volutum* Vanterpool et Truscott in bezug auf die Keimung von *Agrostis stolonifera* von verschiedenen Phykomyzeten antagonistisch beeinflußt wurde.

Wie aus dem Vorstehenden ersichtlich ist, hat man auf verschiedene Weise den Antagonismus bei Mikroorganismen zu erklären versucht. Einmal aus dem „Kampf ums Dasein", z. B. aus dem Kampf um die im Boden vorhandenen Nährstoffe, woraus dann der Antagonist als Sieger hervorgeht. Sodann aus der Wirkung von Toxinen oder Abbauprodukten, vielleicht auch von Enzymen, welche von den Organismen gebildet werden. Daß es jedenfalls nicht nur ein „Kampf ums Dasein" sein kann, ist aus den obenerwähnten Versuchen von Sanford und Broadfoot hervorgegangen, die deutlich zeigen, daß eine antagonistische Wirkung nicht nur von lebenden Organismen, sondern auch von deren Filtraten herrühren kann. Die Toxizität von Filtraten ist auch aus einer Arbeit von Haenseler und Allen (1934) ersichtlich. Diese Forscher nahmen wahr, daß das durch *Rhizoctonia* oder *Pythium* verursachte Umfallen von Gurken- und Erbsenkeimlingen stark abnahm, wenn man dem Boden *Trichoderma* beifügte. Aber auch *Trichoderma*-Filtrat wirkte sowohl auf *Rhizoctonia* als auch auf *Pythium* tödlich. Die toxischen Eigenschaften des Filtrates konnten durch Erhitzung auf 80° C vernichtet werden. Auch mehrere andere Forscher haben über die Wirksamkeit von Filtraten Versuche angestellt. Die Resultate ihrer Untersuchungen stimmen aber nicht alle überein.

Eine dritte mögliche Erklärung des Antagonismus ist noch der Epiparasitismus, wobei der Parasit seinerseits von einem anderen Organismus befallen wird, der in seine Hyphen eindringt, wie das u. a. 1932 von Weindling beschrieben wurde. Seitdem (1934 a; c) ist es diesem Autor aber auch gelungen, mit Filtraten einen antagonistischen Effekt hervorzurufen.

Weil auch das pH (Rosen und Shaw, 1919; Weindling und Fawcett, 1934; 1936) und die Temperatur (Savastano und Fawcett,

1929) eine wichtige Rolle bei dem gegenseitigen Einfluß von Mikroorganismen spielen können, ist es wahrscheinlich, daß der antagonistische Effekt durch verschiedene Faktoren bedingt wird.

Viele Forscher, die über Antagonismus bei bestimmten Bodenpilzen arbeiteten, haben ihre Versuche mit sterilisierter Erde angestellt, um den Einfluß von anderen Bodenpilzen auszuschalten. Auf den Einfluß von eventuell aus der Luft herrührenden Organismen hat aber fast keiner geachtet. Daß diese Organismen jedoch auch eine Rolle spielen können, zeigt die Arbeit von Van Luijk (1938); er erhielt mit *Pullularia pullulans* (de Bary et Löw) Berkh., die als Verunreinigung in einer seiner Kulturen auftrat, antagonistische Effekte in bezug auf einige *Pythium*-Arten.

Zweck der vorliegenden Arbeit war, den Einfluß verschiedener nicht parasitischer Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn zu untersuchen. An erster Stelle wurden die Versuche unter ganz sterilen Verhältnissen durchgeführt, wobei also alle anderen Organismen ausgeschaltet wurden. Daneben wurden zum Vergleich Versuche in Töpfen gemacht, also unter mehr natürlichen Verhältnissen.

Von den verschiedenen Faktoren, welche das gegenseitige Verhältnis der Pilze beeinflussen können, ist der Einfluß der Temperatur eingehend untersucht worden.

Material

Bei der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß verschiedener nicht parasitischer Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn in bezug auf Kohlkeimpflanzen studiert.

Anfangs wurden zehn verschiedene *Rhizoctonia*-Stämme benutzt; weil die meisten sich aber nicht sehr virulent zeigten, wurden die weiteren Versuche mit dem sehr virulenten Stamm *Rhizoctonia solani* Kühn *graminis* Bunschoten durchgeführt, den Van Luijk im Jahre 1931 aus Grassamen isoliert und Bunschoten 1933 beschrieben hat (Van Luijk, 1934).

Die nicht parasitischen Bodenpilze, deren Einfluß auf *Rhizoctonia solani* Kühn erforscht wurde, sind folgende: *Absidia spinosa* Lendner, *Cladosporium herbarum* Link, *Cylindrocarpon didymum* (Harting) Wr., *Penicillium expansum* (Link) Thom. und *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz, Stamm A und B. Nach Jensen (1912) und Gilman und Abbott (1927) sollen diese Pilze häufig im Boden vorkommen. Außerdem wurde der Einfluß von *Pyronema confluens* Tul. untersucht, eines Pilzes, der sich als erster auf bei hoher Temperatur sterilisierter Erde zeigt und der auch auf verbranntem Boden gefunden wird, z. B. nach Heidebrand (Claussen, 1912; Gwynne Vaughan, 1930).

Die *Rhizoctonia*-Stämme V (d. h. *graminis* Bunschoten), VIII, IX und X, auch die nicht parasitischen Bodenpilze, wurden vom „Centraalbureau voor Schimmelcultures“ in Baarn, Holland, bezogen; die anderen Stämme

sind von mir neu isoliert worden, nämlich I, II, III und IV von *Solanum tuberosum*, VI von *Coffea*-Keimlingen und VII von *Cinchona*.

Verschiedene *Brassica*-Arten wurden auf Keimverhalten geprüft. Es zeigte sich, daß die Samen von *Brassica chinensis* L., „Lungbok", sehr gut bei verschiedenen Temperaturen (zwischen 12 und 25° C) keimten. Die Keimlinge dieser Art waren auch kräftig im Gegensatz zu anderen *Brassica*-Arten, welche zwar auch gut keimten, deren Keimlinge sich jedoch mehr verlängerten und weniger kräftig waren; auch entwickelten sich die „Lungbok"-Keimlinge sehr gleichmäßig, d. h. gleichaltrige Keimlinge waren auch gleich weit in ihrer Entwicklung. Dadurch eigneten sie sich besonders als Versuchsmaterial. Bei den Versuchen mit Kohlkeimpflanzen ist darum immer mit *Brassica chinensis* L., „Lungbok" gearbeitet.

1. Kapitel

Versuche mit Keimpflanzen bei nicht konstanter Temperatur

A. Methodisches

Die Versuche unter ganz sterilen Verhältnissen wurden in Reagenzgläsern durchgeführt (vergl. Van Luijk, 1938).

Bei den Versuchen mit Sand als Substrat wurde in jedem Röhrchen 9 ccm Sand (grober Flußsand, gesiebt und ausgespült) mit 3 ccm Flüssigkeit gemischt, nachdem experimentell festgestellt worden war, daß dies das beste Verhältnis ergab. Die Röhrchen wurden mit einem Wattebausch verschlossen und dann während 1 Stunde bei $1^3/_4$ Atm. sterilisiert.

Anfangs wurde daneben auch mit Filtrierpapier in Flüssigkeit als Substrat experimentiert. Filtrierpapier von $3^1/_2 \times 3^1/_2$ cm wurde über ein Röhrchen mit etwas kleinerem Durchmesser als gewöhnlich gefaltet und dann in ein normales mit 7 ccm Nährlösung gefülltes Röhrchen geschoben, so daß es mit den vier Enden in der Lösung hing. Darauf wurden die Röhrchen wieder mit einem Wattebausch verschlossen und bei $1^3/_4$ Atm. sterilisiert. Aus einem Versuch, in dem nebeneinander Filtrierpapier in Leitungswasser, in Knopscher Lösung und in Knopscher Lösung mit Glukose miteinander verglichen wurden, zeigte sich, daß, obgleich die Pflänzchen sich auf die Dauer besser in einer Nährlösung entwickeln, die Keimung nicht davon beeinflußt wird.

Um Komplikationen bei der Ernährung zu vermeiden, wurden die Versuche auf Filtrierpapier in Leitungswasser durchgeführt.

Spätere Versuche sind anstatt mit Sand, mit gesiebter Blättererde durchgeführt worden, 9 ccm je Röhrchen mit 3 ccm Wasser; auch diese Röhrchen wurden 1 Stunde bei $1^3/_4$ Atm. sterilisiert.

Nach der Aussaat wurden die Röhrchen im Gewächshaus auf ein Gestell gesetzt, und zwar so, daß sie trotz der Wattebäusche soviel wie möglich dem Licht ausgesetzt waren.

Die Pilze, mit denen experimentiert wurde, wuchsen 7 bis 10 Tage auf Petrischalen mit Kirschenagar in einem Thermostaten bei 24° C. Dann wurden mit einem gebogenen Glasrohr von 5 mm Diam. die Impfstückchen aus den Agarplatten hinausgestanzt, wodurch man gleich große Stückchen erhielt.

Die Anzahl Samen je Röhrchen war immer 5.

Zum Vergleich sind auch einige nicht ganz sterile Versuche in Blumentöpfen (von 8 cm Diam. und 7 cm Höhe, sogenannte Stecklingstöpfe), mit gesiebter, in der Hitze (1 Stunde bei $1^3/_4$ Atm.) sterilisierter Blättererde durchgeführt worden. Das Pilzmaterial für diese Versuche wurde anfangs auf Reis geimpft, in Erlenmeyerkolben von 100 ccm (mit 15 ccm Reis und 30 ccm Wasser; $^1/_2$ Stunde bei $1^1/_2$ Atm. sterilisiert); diese Kolben blieben 14 Tage in einem Thermostaten bei 24° C. Dann wurde der Inhalt von je zwei Kolben Reis + Pilz mit der Erde für vier Töpfe gemischt, also ein halbes Kölbchen je Topf. Auf diese infizierte Erde wurden die Samen ausgesät (10 je Topf) und mit einer dünnen Erdschicht überdeckt.

Später wurde das Pilzmaterial auf 2% Agar in Petrischalen geimpft. Auch diese blieben 14 Tage in einem Thermostaten bei 24° C. Die Töpfe wurden bis $1^1/_2$ cm unter den Rand mit Erde angefüllt. Darauf kam der Inhalt von $2 \times {}^1/_4$ Petrischale (Pilz nach oben), in kleine Stückchen zerschnitten, dann eine dünne Schicht Erde, dann die Samen, wieder 10 je Topf und schließlich wieder eine dünne Schicht Erde. Nach der Aussaat wurden die Töpfe im Gewächshaus in Torfmull eingegraben; die Erde wurde ständig feucht gehalten.

Die Samen wurden immer vorher desinfiziert. Zunächst wurden Lösungen von Sublimat, Germisan, Uspulun und Ceresan auf ihre Eignung geprüft.

Tabelle 1 gibt das Resultat dieser Versuche. Als Kontrolle wurden nur mit Leitungswasser abgespülte Samen zum Vergleich herangezogen. Jede Versuchsreihe umfaßte 100 Samen.

Tabelle 1

Desinfektionsmittel		Anzahl Keimlinge %	Keimlinge mit über 2 cm Länge	Aussehen der Keimlinge
Sublimat 0,1 %	20 Minuten	96	90	grün
	30 Minuten	90	72	gelb
Germisan $^1/_4$ %	20 Minuten	96	92	grün
	30 Minuten	91	90	grün
Uspulun $^1/_4$ %	20 Minuten	96	89	chlorotisch
	30 Minuten	97	82	chlorotisch
Ceresan $^1/_8$ %	20 Minuten	100	96	grün
	30 Minuten	98	96	grün
Kontrolle		98	95	grün

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Keimerfolg, wenigstens nach einer 20 Minuten währenden Behandlung mit den verschiedenen Desinfektionsmitteln, wenig Unterschiede aufweist. Weil aber ein oft mit den Samen mitkommender Pilz, *Alternaria circinans* (Berk. et C.) Bolle nach dieser Behandlungsdauer noch nicht immer abgetötet war, mußte länger desinfiziert werden. Sublimat und Uspulun eigneten sich nicht dazu, weil sie, wie aus der Tabelle ersichtlich ist, eine schädliche Nachwirkung auf die gekeimte Saat ausüben. Für die weiteren Versuche wurde immer Ceresan als das am meisten geeignet scheinende Desinfektionsmittel verwendet.

Bei dem hier angewandten Verfahren blieben die Samen unter wiederholtem Schütteln während einer halben Stunde in einer $^1/_8$ prozentigen Ceresanlösung; dann wurden sie eine Stunde in fließendem Leitungswasser gespült und schließlich zwischen sterilem Filtrierpapier getrocknet.

Obgleich es bei den in diesem Kapitel folgenden Versuchen nicht die Absicht war, den Temperatureinfluß genau zu studieren, wäre es doch wünschenswert gewesen, die Temperatur im Gewächshaus einigermaßen konstant zu erhalten. Dies ließ sich aber nur im Warmhaus machen. Im temperierten Gewächshaus war es leider nicht möglich, die Temperatur genügend zu regulieren; sie zeigte starke Schwankungen, besonders an sonnigen Tagen im Frühjahr. Um die Mittagszeit war die Temperatur dann oft 30° C und höher, während sie nachts manchmal unter 10° C herabsank. Der Vergleich von Versuchen, die nicht gleichzeitig angestellt werden konnten, wird dadurch erheblich erschwert. Bei den einzelnen Versuchen ist immer die Minimum- und die Maximumtemperatur angegeben.

B. Einfluß der verschiedenen Pilze auf Keimung und Keimpflanzen unter sterilen Verhältnissen

Die Virulenz der verschiedenen *Rhizoctonia*-Stämme in bezug auf die Wirtspflanze wurde untersucht. Die ersten Versuche wurden an Keimlingen gemacht, welche schon einige Tage alt waren.

1. Versuch (Tabelle 2)

Sämlinge wurden in kleine Töpfe pikiert, fünf in jedem Topf. An der Stengelbasis wurde die Erde etwas gelockert, dann Agar mit *Rhizoctonia* gegen den Stengel gebracht und wieder mit Erde überdeckt. Mit jedem Stamm wurden vier Töpfe, also 20 Keimlinge infiziert. Tabelle 2 zeigt die Zahl der befallenen Keimpflanzen.

Tabelle 2

	Infektion mit *Rhizoctonia*-Stamm									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Umgefallene Pflänzchen	2	4	4	1	17	1	1	0	6	1

Aus dieser Tabelle geht hervor, daß der Stamm V weitaus der virulenteste ist.

Die hier infizierten Keimpflanzen waren 6 Tage alt. Ältere Keimpflanzen erwiesen sich weniger empfindlich als jüngere; bei Infektion von 11-tägigen Keimpflanzen mit besagtem Stamm V wurden nur 40 % befallen.

2. Versuch (Tabelle 3; Abb. 1)

Mit den Stämmen I, II, III, IV und V wurden noch einige weitere Virulenzversuche angestellt, jetzt aber unter ganz sterilen Verhältnissen in Reagenzgläsern. Einer dieser Versuche ist hier als 2. Versuch beschrieben. Als Substrat war bei diesem Versuch nebeneinander Sand und Filtrierpapier verwendet. Das Resultat ergibt sich aus Tabelle 3 und Abb. 1. Jede Versuchsreihe umfaßte 100 Samen.

Tabelle 3

Reihe	Substrat: Filtrierpapier Anzahl Keimlinge %				Substrat: Sand Anzahl Keimlinge %				
	Nach 1 Tag	Nach 3 Tagen	Nach 5 Tagen	Nach 10 Tagen	Nach 1 Tag	Nach 3 Tagen	Nach 5 Tagen	Nach 10 Tagen	Nach 15 Tagen
Kontrolle	74	83	90	94	24	40	49	66	88
Rhizoctonia I . . .	77	84	91	93 (10)	55	62	64	73	79 (7)
Rhizoctonia II . . .	72	84	89	93 (3)	48	56	72	80 (2)	83 (14)
Rhizoctonia III . . .	78	82	88	90 (5)	30	45	52	56	67 (11)
Rhizoctonia IV . . .	66	80	87	91 (2)	28	48	57	71	81 (5)
Rhizoctonia V . . .	82	88	91 (2)	92 (53)	49	66	70 (3)	82 (37)	82 (71)

Temperatur: 7—40° C.

Die eingeklammerten Zahlen in der Tabelle 3 beziehen sich auf die Anzahl kranker Pflänzchen. Die Zahl der gekeimten Samen wurde einige Tage hintereinander kontrolliert, bis das Maximum erreicht war.

Zunächst sehen wir, daß die Pilze auf Sand einen stimulierenden Einfluß auf die Keimungsgeschwindigkeit haben; besonders deutlich ist dies bei den Stämmen I, II und V. Auch Van Luijk (1934) hat eine stimulierende Wirkung von Pilzen auf die Keimungsgeschwindigkeit von Grassamen konstatiert. Daneben sah er eine keimfördernde Wirkung von verschiedenen Pilzen, d. h. bei Anwesenheit dieser Pilze war der Keimerfolg höher als in den Kontrollreihen. Ähnliches hat auch Niethammer (1933) für verschiedene Samenarten gefunden.

Bei den hier beschriebenen Versuchen war aber nach längerer Zeit (vergl. Tabelle 3) keine Stimulation mehr bemerkbar. Eine keimfördernde Wirkung tritt hier nicht auf; das Keimprozent in den Pilzreihen ist geringer

als in der Kontrollreihe. Es zeigt sich hier also ein schädigender Einfluß der Pilze auf die Keimung.

Die Reihen auf Filtrierpapier wiesen keine bedeutenden Unterschiede der Keimzahlen bei An- oder Abwesenheit von *Rhizoctonia*-Stämmen auf. Das Maximum war hier nach 10 Tagen erreicht, auf Sand nach ungefähr 15 Tagen. Die maximale Keimzahl auf Filtrierpapier ist höher als die auf Sand. Feuchtes Filtrierpapier ist wohl wegen des großen Feuchtigkeitsgehaltes anscheinend ein besseres Medium für die Keimung.

Anwesenheit von einigen dieser *Rhizoctonia*-Stämme bedeutet also auf Sand anfangs eine Verbesserung der für die Keimung günstigen Verhältnisse.

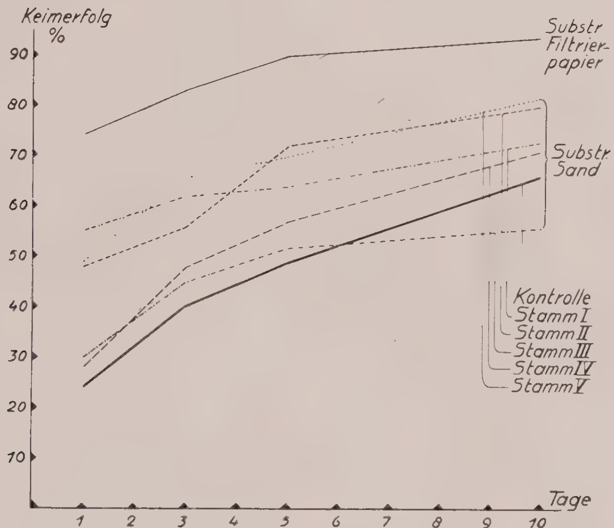


Abb. 1
Einfluß der verschiedenen Stämme von *Rhizoctonia solani* Kühn auf die Keimung von *Brassica chinensis* L., „Lungbok"

Das feuchte Filtrierpapier scheint aber schon an sich bessere Verhältnisse zu bieten, so daß eine eventuelle Wirkung der Pilze dabei keine Rolle spielt. Es ist aber auch möglich, daß die anfängliche Verbesserung der Verhältnisse auf Sand bei der Anwesenheit der Pilze dem Umstande zuzuschreiben ist, daß diese Pilze keimfördernde Stoffe bilden, welche aut feuchtem Filtrierpapier entweder nicht gebildet oder adsorbiert werden. Dasselbe mag auch für die schädliche Wirkung der *Rhizoctonia*-Stämme auf den Keimerfolg gelten.

Was die Virulenz anbetrifft, so zeigt sich, daß auch jetzt der Stamm V weitaus der virulenteste ist. Das Keimprozent aber war, wie schon erwähnt, in den Sandreihen bei Anwesenheit der Pilze kleiner; in den Reihen mit feuchtem Filtrierpapier war das nicht der Fall.

3. Versuch (Tabelle 4)

Im folgenden wurde untersucht, ob saprophytische Bodenpilze irgendeinen Einfluß auf Keimung oder Keimpflanzen ausüben können, wobei in gleicher Weise wie mit den *Rhizoctonia*-Stämmen beim 2. Versuch mit anderen Bodenpilzen Versuchsreihen auf Filtrierpapier und auf Sand unter sterilen Verhältnissen angestellt wurden.

Tabelle 4

Reihe	Substrat: Filtrierpapier Anzahl Keimlinge %				Substrat: Sand Anzahl Keimlinge %			
	Nach 1 Tag	Nach 3 Tagen	Nach 8 Tagen	Nach 15 Tagen	Nach 1 Tag	Nach 3 Tagen	Nach 8 Tagen	Nach 15 Tagen
Absidia	81	83	84	86	78	79	86	88
Cladosporium	73	76	80	82	80	80	85	86
Cylindrocarpon	71	72	78	79	77	82	87	87
Penicillium	79	79	85	86	67	70	79	81
Pyronema	79	80	88	89	77	78	88	89
Trichoderma A	84	84	90	90	76	78	84	84
Trichoderma B	76	76	80	81	65	67	74	76
Kontrolle	84	84	86	88	78	80	88	92

Temperatur: 12—31° C.

Aus dieser Tabelle ersieht man, daß im allgemeinen die Keimung bei Anwesenheit der Pilze etwas, sei es auch nur sehr wenig, im Vergleich zur Kontrollreihe zurückbleibt. Die Keimpflänzchen zeigten keine Schädigungen. Sowohl in den Pilzreihen als in den Kontrollreihen gediehen sie gut. Nur war im allgemeinen in den Sandreihen die Entwicklungsgeschwindigkeit etwas geringer. Auf die Dauer entwickelten sich aber alle Keimpflänzchen normal.

Die Unterschiede zwischen den Kontrollreihen des 2. und 3. Versuches (beim 3. Versuch war die Keimungsgeschwindigkeit auf Sand viel größer als beim 2.) sind wahrscheinlich den Temperaturunterschieden zuzuschreiben. Die Maximaltemperatur beim 2. Versuch war in den ersten Tagen viel niedriger als beim 3. Versuch.

Beim 2. Versuch schwankte die Temperatur ungefähr folgendermaßen: um die Mittagszeit stieg sie während 4—6 Stunden bis über 25° C, sank dann in 2 Stunden ziemlich rasch bis auf 20—15° C herab und weiter während 12—14 Stunden langsam bis auf das Minimum; dann stieg sie in ca. 4 Stunden wieder bis auf 25—30° C. Beim 3. Versuch waren die Schwankungen in 24 Stunden gleichmäßiger. Beim Anfang des 2. Versuches war also die Temperatur, wobei die Keimung stattfand, während des größten Teiles des Tages viel niedriger als beim 3. Versuch.

4. Versuch

In diesem Versuch wurde der Einfluß der saprophytischen Pilze und von *Rhizoctonia solani graminis* auf Keimung und Keimpflanzen bei Verwendung von Blättererde als natürlicherem Substrat untersucht.

Dieser Versuch wurde bei zwei verschiedenen Temperaturen durchgeführt, nämlich bei 4—24° C und bei 10—40° C (vergl. Abb. 9). Die Pilze, mit welchen infiziert wurde, waren in Petrischalen auf 2 prozentigem Agar gezüchtet. Jede Versuchsreihe umfaßte 10 Röhrchen mit je 5 Samen, also 50 Samen im ganzen.

Bei dem Vergleich der Kontrollreihen dieses Versuches mit demjenigen vom 2. und 3. Versuch, war zu sehen, daß auch hier die Keimungsgeschwindigkeit bei höherer Temperatur zunimmt. Dies gilt auch für die Pilzreihen.

Der schädliche Einfluß von *Rhizoctonia* war in diesem Versuch schon bei der Keimung bemerkbar. Ein beträchtlicher Prozentsatz der Samen in der *Rhizoctonia*-Reihe keimte nicht. Die anderen Pilze steigerten bei der niedrigeren Temperatur die Keimungsgeschwindigkeit; die Keimfähigkeit wurde nicht beeinflußt. Bei höherer Temperatur war das Keimprozent in diesen Pilzreihen jedoch überall etwas niedriger als in der Kontrollreihe, wie das auch im 3. Versuch der Fall war. Der Befall der Keimlinge durch *Rhizoctonia* ging bei höherer Temperatur rascher vor sich als bei niedrigerer.

Zusammenfassend können wir sagen, daß der Befall von Samen und Keimlingen durch *Rhizoctonia* auf Blättererde schneller vor sich geht als auf Sand oder Filtrierpapier, und daß eine höhere Temperatur diesen Befall fördert. Der Einfluß der anderen Pilze ist bei höherer Temperatur sehr schwach; sie haben einen etwas ungünstigen Einfluß auf den Keimerfolg; bei niedrigerer Temperatur hingegen wirken sie fördernd auf die Keimungsgeschwindigkeit.

C. Einfluß von Kombinationen von *Rhizoctonia solani* Kühn mit nicht parasitischen Bodenpilzen auf Keimung und Keimpflanzen unter sterilen Verhältnissen

a) *Rhizoctonia* kombiniert mit nur einem anderen Pilz

Aus einigen orientierenden Versuchen, in denen der Einfluß der einzelnen saprophytischen Bodenpilze auf die Virulenz der verschiedenen *Rhizoctonia*-Stämme untersucht wurde, war hervorgegangen, daß der Stamm V sich am besten zu diesen Versuchen eignete. Die weiteren Versuche sind deshalb alle mit *Rhizoctonia solani* Stamm V, d. h. *Rhizoctonia solani graminis* durchgeführt worden.

Zum ersten Mal konnte ein deutlicher Antagonismus bei dem nachfolgenden Versuch festgestellt werden, welcher besonderer Umstände halber nicht regelmäßig abgelesen werden konnte.

5. Versuch (Tabelle 5)

Rhizoctonia solani wurde mit *Cylindrocarpon didymum*, bzw. *Penicillium expansum* und den beiden Stämmen von *Trichoderma lignorum* in Röhrchen auf Sand kombiniert. Jede Versuchsreihe umfaßte 20 Röhrchen mit je 5 Samen, also 100 Samen.

Nach 5 Tagen waren die Pflänzchen in der Kontrollreihe die besten, in der Reihe mit nur *Rhizoctonia* die schlechtesten, d. h. sie waren wohl gekeimt, aber sofort nach der Keimung befallen und nicht ausgewachsen. Der Gesundheitszustand der Pflänzchen in den Kombinationsreihen hielt zwischen jenen beiden die Mitte. Sehr gut entwickelt waren die Keimlinge bei der Kombination *Rhizoctonia* + *Cylindrocarpon*, fast so gut wie die der Kontrollreihe.

Erst nach 14 Tagen konnten zum ersten Mal genauere Beobachtungen gemacht werden. Dann waren aber auch Keimlinge in den Kombinationsreihen erkrankt, wenn auch nicht in so starkem Grade wie in der *Rhizoctonia*-Reihe (Tabelle 5); die antagonistische Wirkung war aber noch deutlich erkennbar.

Tabelle 5

Reihe	Anzahl Keimlinge %	Stark befallen %	Leicht befallen %	Gesund %
Kontrolle	93	—	—	93
Rhizoctonia	91	91	—	—
Rhizoctonia + Cylindrocarpon .	86	62	23	1
Rhizoctonia + Penicillium . . .	82	69	10	3
Rhizoctonia + Trichoderma A .	83	77	6	—
Rhizoctonia + Trichoderma B .	88	75	13	—

Temperatur: 12—28° C.

6. Versuch (Tabelle 6; Abb. 2 und 3)

Bei diesem Versuch wurden Röhrchen mit Sand mit *Rhizoctonia* + je einem der 7 auf S. 8 genannten Pilze geimpft. Die Samen wurden sofort nach dem Impfen in die Röhrchen eingeführt. Jede Versuchsreihe umfaßte 20 Röhrchen, also 100 Samen. Zum Vergleich standen daneben eine Reihe mit nur *Rhizoctonia* und eine Kontrollreihe ohne Pilz.

Während der ersten 4 Tage wurde täglich die Keimzahl bestimmt, nachher jeden zweiten Tag (Tabelle 6).

Das Keimprozent wurde durch die Anwesenheit der Pilze in diesem Versuch nicht beeinflußt. Weil es aber möglich ist (bei höherer Temperatur auf Blättererde), daß auch die Keimzahl ungünstig beeinflußt wird, genügt es nicht, nur die Zahl der kranken Pflänzchen zu erwähnen, um einen Eindruck des Befallsgrades zu bekommen. Bei diesem und den folgenden Versuchen ist deshalb auch immer die Zahl der gesunden und

Tabelle 6

Reihe	Nach 1 Tag	Nach 2 Tagen	Nach 3 Tagen		Nach 4 Tagen		Nach 6 Tagen			Nach 8 Tagen			Nach 10 Tagen				Nach 12 Tagen				Nach 14 Tagen				Nach 16 Tagen			
	Gekeimt	Gekeimt	Gekeimt	Umgefallen	Gekeimt	Umgefallen	Gekeimt	Umgefallen	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Umgefallen	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Umgefallen	Leicht krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Umgefallen	Leicht krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Umgefallen	Leicht krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Umgefallen	Leicht krank	Gesund und entwickelt
Kontrolle	49	68	77	—	83	—	84	—	68	87	—	74	87	—	—	81	88	—	—	83	88	—	—	83	90	—	—	85
Rhizoctonia	63	75	78	**4**	81	**10**	85	**42**	26	88	**55**	24	88	**82**	**2**	4	88	**85**	**2**	1	88	**86**	**2**	—	88	**87**	**1**	—
Rhizoctonia + Absidia	62	74	79	—	83	—	87	—	72	88	**1**	77	88	**19**	**32**	37	88	**56**	**16**	16	88	**68**	**10**	10	88	**73**	**5**	10
Rhizoctonia + Cladosporium	63	79	82	—	86	—	90	—	81	90	—	86	90	**6**	**14**	70	90	**24**	**18**	48	90	**35**	**31**	24	90	**51**	**18**	21
Rhizoctonia + Cylindrocarp.	67	82	85	—	89	—	90	—	76	91	—	81	91	**3**	**9**	79	91	**25**	**19**	47	91	**36**	**28**	27	91	**44**	**23**	24
Rhizoctonia + Penicillium	45	69	79	—	82	—	86	—	76	88	—	78	89	**7**	**16**	66	89	**30**	**14**	45	89	**39**	**20**	30	89	**47**	**16**	26
Rhizoctonia + Pyronema	35	65	74	—	79	—	83	—	73	84	—	76	85	**4**	**12**	69	85	**16**	**14**	55	85	**20**	**26**	39	85	**30**	**21**	34
Rhizoct. + Trichoderma A	51	74	80	—	85	—	86	—	73	91	—	76	91	**9**	**12**	70	91	**25**	**19**	47	91	**32**	**22**	37	91	**35**	**19**	37
Rhizoct. + Trichoderma B	48	67	73	—	74	—	79	—	67	79	**1**	70	81	**4**	**11**	66	81	**14**	**10**	57	81	**20**	**9**	52	81	**26**	**10**	45

Temperatur: 10—24° C.

gut ausgewachsenen Keimpflänzchen als Maßstab zum Vergleich herangezogen worden.

Die Keimgeschwindigkeit, auch in der Kontrollreihe, war hier größer als im 2. Versuch; die maximale Keimzahl wurde hier in 6 bis 8 Tagen erreicht. Die Minimaltemperatur der ersten Tage war bei diesem Versuch auch bedeutend höher als beim 2. Versuch (siehe S. 14). Wahrscheinlich ist die höhere Keimungsgeschwindigkeit diesem Umstande zuzuschreiben.

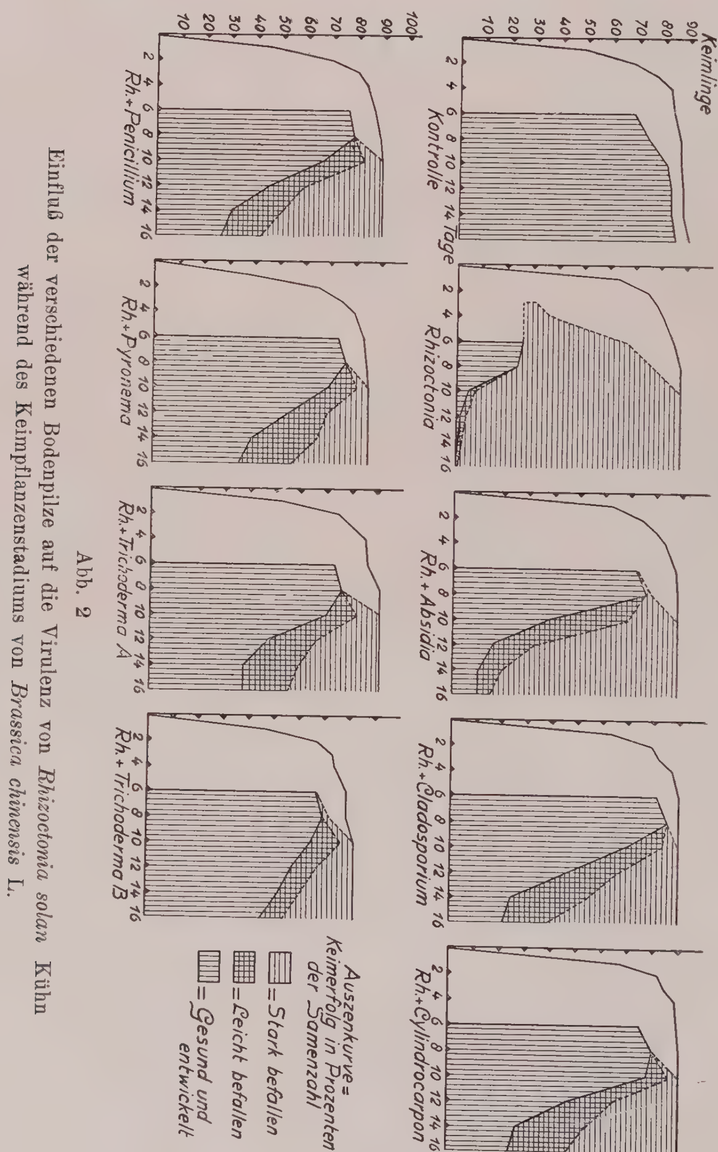


Abb. 2

Einfluß der verschiedenen Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solan* Kühn während des Keimpflanzenstadiums von *Brassica chinensis* L.

Aus Tabelle 6 ergibt sich, daß ein deutlich antagonistischer Einfluß auf die Virulenz von *Rhizoctonia* bemerkbar ist (Abb. 3). Während in den Röhrchen mit nur *Rhizoctonia* schon nach 3 Tagen kranke Pflänzchen auftraten und nach 10 Tagen schon 94 % der gekeimten Samen befallen waren, fanden sich in den anderen Versuchsreihen erst nach 8 bis 10 Tagen die ersten kranken Pflänzchen.

Nach 16 Tagen wurde der Versuch beendet. Einerseits waren die Pflänzchen bei dieser Temperatur dann über das Keimpflanzenstadium hinausgewachsen, andererseits begannen die Verhältnisse in den Röhrchen bei längerer Versuchsdauer weniger günstig zu werden, sei es daß die

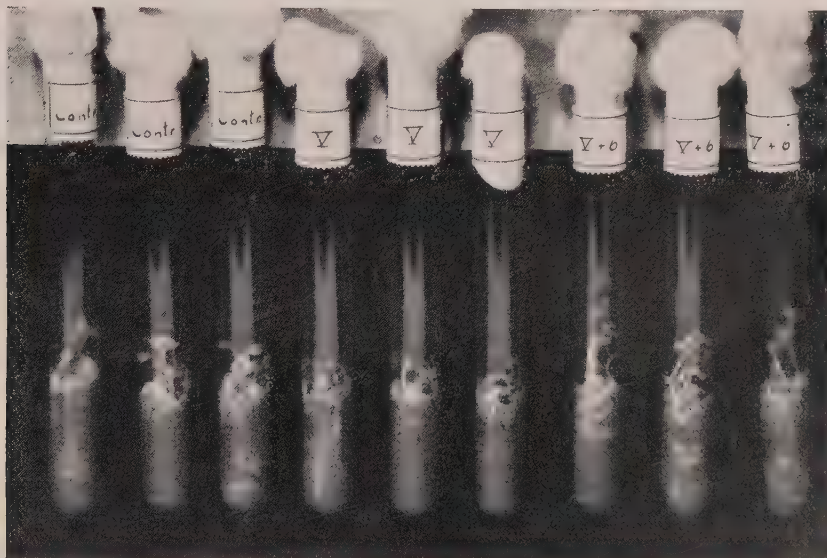


Abb. 3
Antagonismus von *Trichoderma lignorum* Stamm A dem Parasitismus von *Rhizoctonia solani* Kühn gegenüber. Kultur 10 Tage alt.
Von links nach rechts:
3 × Kontrolle; 3 × *Rhizoctonia*: 3 × *Rhizoctonia* + *Trichoderma* Stamm A.

vorhandenen Nährstoffe erschöpft wurden, sei es daß die Feuchtigkeit auf die Dauer zu stark abnahm; jedenfalls sahen dann auch die Kontrollpflänzchen weniger gut aus.

Beim Abschluß des Versuches waren in den Röhrchen mit nur *Rhizoctonia* alle Pflänzchen mit einer Ausnahme krank oder abgestorben. Hingegen war in den anderen Reihen noch ein beträchtlicher Prozentsatz am Leben. In diesen Reihen hatte wohl die Zahl der kranken Pflänzchen, nachdem die Krankheit einmal aufgetreten war, zugenommen. Diese Zunahme wurde aber nach und nach geringer, und nach 14 Tagen blieb die Zahl der kranken Pflänzchen sich ziemlich gleich. Auch einige Zeit nach

dem Versuchsabschluß, nämlich nach 30 Tagen, waren sowohl in diesen Reihen als in der Kontrollreihe noch mehrere Pflänzchen am Leben. In der *Rhizoctonia*-Reihe aber hatten nach 6 Tagen nur 26 gekeimte Samen sich zu Keimpflanzen entwickelt, welche aber bald erkrankten. Der Befall in den Röhrchen mit nur *Rhizoctonia* geht also viel rascher vor sich und ist auch viel kräftiger; die befallenen Keimpflanzen waren dort sofort ganz umgefallen, während man in den Kombinationsreihen deutlich Keimpflanzen, die stark, und solche, die leicht befallen waren, unterscheiden konnte.

Mit leicht befallen sind hier Keimlinge gemeint, welche einen braunen Fleck oder eine leichte Verjüngung der Stengelbasis aufweisen; mit stark befallen diejenigen, welche eine starke Einschnürung aufweisen und dadurch umgefallen sind.

Wenn wir den Einfluß der verschiedenen Pilze miteinander vergleichen, dann sehen wir, daß bei diesem Versuch die beiden *Trichoderma*-Stämme und *Pyronema* am stärksten antagonistisch wirken, dann folgen *Cylindrocarpon*, *Penicillium*, *Cladosporium* und *Absidia*.

7. Versuch (Tabelle 7)

Neben den vorstehenden Versuchen auf Sand als Substrat wurde auch ein Versuch auf Blättererde mit Kombinationen von *Rhizoctonia* und je einem anderen Pilz angestellt. Dieser Versuch verlief gleichzeitig mit Versuch 4, bei dem der Einfluß jedes einzelnen Pilzes untersucht war, und fand auch bei zwei Temperaturen statt, einer niedrigeren von 4—24° C und einer höheren von 10—40° C. (Die täglichen Temperaturmaxima und -minima sind in Abb. 9, S. 55, zu finden.) Jede Versuchsreihe umfaßte 50 Samen.

Tabelle 7

Temperatur 4—24° C				Reihe	Temperatur 10—40° C			
Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund		Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund
40	**14**	**6**	20	Rhizoctonia + Absidia	50	**50**	—	—
44	**30**	**6**	8	Rhizoctonia + Cladosporium	58	**58**	—	—
46	**20**	**12**	14	Rhizoctonia + Cylindrocarpon	66	**66**	—	—
30	**18**	**4**	8	Rhizoctonia + Penicillium	40	**40**	—	—
50	**20**	**8**	22	Rhizoctonia + Pyronema	68	**68**	—	—
68	**26**	**14**	28	Rhizoctonia + Trichoderma A	76	**64**	**2**	10
62	**30**	**4**	28	Rhizoctonia + Trichoderma B	76	**70**	—	6
38	**38**	—	—	Rhizoctonia	42	**42**	—	—
82	—	—	82	Kontrolle	92	—	—	92

Die ungünstige Wirkung von *Rhizoctonia* auf die Keimung wurde hier sowohl bei niedrigerer als bei höherer Temperatur von den anderen Pilzen (mit Ausnahme von *Penicillium*) antagonistisch beeinflußt und nahm

in der folgenden Reihenfolge ab: die beiden *Trichoderma*-Stämme, *Pyronema*, *Cylindrocarpon*, *Cladosporium* und *Absidia*. Bei höherer Temperatur war dieser antagonistische Einfluß stärker als bei niedrigerer.

Was den Keimpflanzenbefall anbetrifft, so machte sich bei niedrigerer Temperatur eine antagonistische Wirkung bemerkbar; obgleich die Zahl der gekeimten Samen in den Kombinationsreihen größer war als in der *Rhizoctonia*-Reihe, so war doch die Zahl der befallenen Keimpflänzchen viel kleiner. Bei höherer Temperatur war das nicht der Fall; die Erkrankung ging hier sehr rasch vor sich, sowohl in der *Rhizoctonia*-Reihe als in den Kombinationsreihen. Nur in den beiden *Trichoderma*-Reihen war anfangs noch Antagonismus bemerkbar. Der Befall war aber so stark, daß auch in diesen Reihen schließlich fast alle Keimpflänzchen umgefallen waren.

Schlußfolgerung

Aus den hier beschriebenen Versuchen ist hervorgegangen, daß bei Kombinationen von *Rhizoctonia* mit einem der oben erwähnten Pilze unter ganz sterilen Verhältnissen diese Pilze einen mehr oder weniger starken antagonistischen Einfluß auf die Pathogenität von *Rhizoctonia* ausüben.

Auf Sand traten in den Kombinationsreihen erst viel später kranke Pflänzchen auf als in der nur mit dem Parasiten infizierten Reihe. Auch der Befall (in der Zahl der kranken Pflänzchen ausgedrückt) war viel weniger stark, während andererseits eine größere Anzahl Pflänzchen zur weiteren Entwicklung kam, weil die Erkrankung in der *Rhizoctonia*-Reihe so schnell vor sich ging, daß sich hier nur wenige Pflänzchen weiter entwickeln konnten.

Auf Blättererde hatte *Rhizoctonia* einen schädigenden Einfluß auf die Samen, die dadurch nur teilweise zur Keimung gelangten. Zusammen mit anderen Pilzen war dieser schädigende Einfluß weniger stark, wenn auch (besonders bei höherer Temperatur) noch deutlich bemerkbar. Bei niedrigerer Temperatur war, wie auf Sand, ein antagonistischer Einfluß auf den Befall von Keimpflanzen festzustellen; es traten erst später Krankheitserscheinungen auf, auch wurde eine kleinere Anzahl von Pflänzchen befallen. Bei höherer Temperatur war in dieser Hinsicht aber kaum Antagonismus zu bemerken, nur einigermaßen in den Kombinationen mit den *Trichoderma*-Stämmen.

Was den Grad von antagonistischer Wirksamkeit der verschiedenen Pilze betrifft, so zeigte es sich, daß dieser am stärksten bei den beiden *Trichoderma*-Stämmen war und im Umfang in der Reihenfolge *Pyronema*, *Cylindrocarpon*, *Penicillium*, *Cladosporium* und *Absidia* abnahm. Bei dem Versuch auf Blättererde war die Kombination *Rhizoctonia* + *Penicillium* für die Saat aber noch schädlicher (bei niedrigerer Temperatur) oder ebenso schädlich wie *Rhizoctonia* allein. In bezug auf die Keimpflänzchen ließ sich bei niedrigerer Temperatur aber eine antagonistische Wirkung feststellen.

b) *Rhizoctonia* kombiniert mit 1—4 anderen Pilzen

Verschiedene Forscher (u. a. Henry, 1931; Van Luijk, 1938) haben schon erwähnt, daß in Anwesenheit einer größeren Anzahl von Organismen die antagonistische Wirkung kräftiger sein könne. Der Nachprüfung dieser Angaben dient der folgende Versuch mit *Rhizoctonia*.

8. Versuch (Tabelle 8; Abb. 4—6)

In diesem Versuch wurde *Rhizoctonia* mit 1—4 Pilzen kombiniert; diese Kombinationen wurden zusammengesetzt aus den Pilzen *Absidia*, *Cylindrocarpon*, *Pyronema* und *Trichoderma* Stamm B. Als Kontrolle wurden auch Kombinationen von diesen Pilzen miteinander ohne *Rhizoctonia* gegemacht. Der Versuch umfaßte also alle denkbaren Kombinationen dieser Pilze, nämlich 26, daneben Reihen mit den verschiedenen Pilzen einzeln, sowie eine Kontrollreihe ohne Pilze, im ganzen also 32 Reihen;

Tabelle 8

Reihe	Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund
Kontrolle	85	—	—	85
Absidia	81	—	—	81
Cylindrocarpon	83	—	—	83
Pyronema	82	—	—	82
Trichoderma B	85	—	—	85
Absidia + Cylindrocarpon	89	—	—	89
Absidia + Pyronema	87	—	—	87
Absidia + Trichoderma B	84	—	—	84
Cylindrocarpon + Pyronema	90	—	—	90
Cylindrocarpon + Trichoderma B	92	—	—	92
Pyronema + Trichoderma B	89	—	—	89
Absidia + Cylindrocarpon + Pyronema	89	—	—	89
Absidia + Cylindrocarpon + Trichoderma B	90	—	—	90
Absidia + Pyronema + Trichoderma B	86	—	—	86
Cylindrocarpon + Pyronema + Trichoderma B	93	—	—	93
Absidia + Cylindrocarpon + Pyronema + Trichoderma B	83	—	—	83
Rhizoctonia	80	27	28	25
Rhizoctonia + Absidia	85	17	10	58
Rhizoctonia + Cylindrocarpon	79	14	12	53
Rhizoctonia + Pyronema	86	14	14	58
Rhizoctonia + Trichoderma B	74	10	10	54
Rhizoctonia + Absidia + Cylindrocarpon	79	12	7	60
Rhizoctonia + Absidia + Pyronema	85	14	7	64
Rhizoctonia + Absidia + Trichoderma B	93	6	7	80
Rhizoctonia + Cylindrocarpon + Pyronema	87	20	5	62
Rhizoctonia + Cylindrocarpon + Trichoderma B	85	10	16	59
Rhizoctonia + Pyronema + Trichoderma B	87	10	5	72
Rhizoctonia + Absidia + Cylindrocarpon + Pyronema	86	15	10	61
Rhizoctonia + Absidia + Cylindrocarpon + Trichoderma B	84	4	8	72
Rhizoctonia + Absidia + Pyronema + Trichoderma B	92	2	3	87
Rhizoctonia + Cylindrocarpon + Pyronema + Trichoderma B	93	10	15	68
Rhizoctonia + Absidia + Cylindrocarpon + Pyromena + Trichoderma B	88	2	6	80

Temperatur: 7—25° C.

jede Reihe umfaßte 20 Röhrchen, also 100 Samen. Als Substrat wurde Sand verwendet.

Weil es nicht möglich war, alle Reihen (640 Röhrchen) an einem Tage abzulesen, fand dies an zwei nachfolgenden Tagen statt. Auch die Samen waren an zwei nachfolgenden Tagen ausgesät worden.

Dem 2. Versuch entsprechend hatten auch hier die Saprophyten einen, sei es auch schwachen, stimulierenden Einfluß auf die Keimgeschwindigkeit; diese Stimulation war am kräftigsten, wenn zwei oder drei Saprophyten kombiniert waren. Übrigens hatten diese Pilze keinen Einfluß auf die Keimung oder die Keimpflänzchen (vergl. Abb. 4).

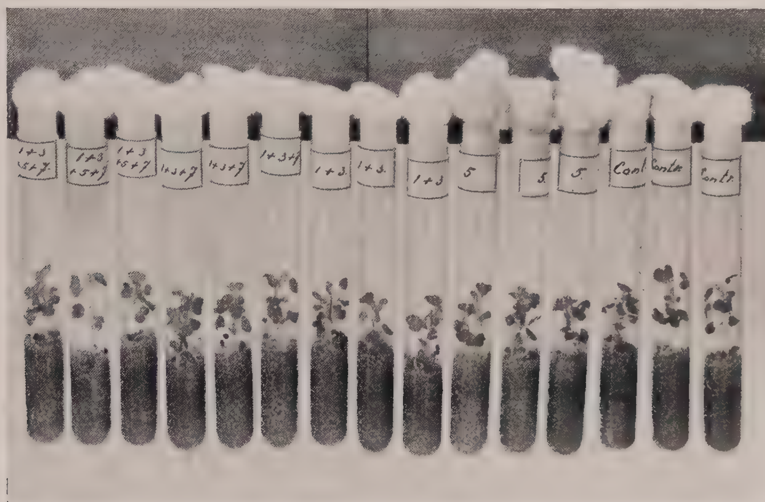


Abb. 4
Kombinationen der verschiedenen Pilze ohne *Rhizoctonia*. Kultur 18 Tage alt. Von rechts nach links: 3 × Kontrolle; 3 × *Pyronema*; 3 × *Absidia* + *Cylindrocarpon*; 3 × *Absidia* + *Cylindrocarpon* + *Trichoderma* B; 3 × *Absidia* + *Cylindrocarpon* + *Pyronema* + *Trichoderma* B.

Die Anwesenheit der anderen Pilze hatte einen großen Einfluß auf die Befallsgeschwindigkeit durch *Rhizoctonia*. Nach 6 Tagen waren in der *Rhizoctonia*-Reihe schon ca. 6 % der Keimlinge erkrankt, in den Kombinationsreihen hingegen noch keiner. Nach 8 Tagen traten hier und da in einer Kombinationsreihe Krankheitserscheinungen auf (bei weniger als 2 % der Keimlinge), in der *Rhizoctonia*-Reihe dann aber schon bei 30 %. Erst nach 12 Tagen gab es in allen Kombinationsreihen kranke Pflänzchen. Obgleich die Anzahl der befallenen Pflänzchen dann noch zunahm, blieb, auch auf die Dauer, ein deutlicher Unterschied zwischen der *Rhizoctonia*-Reihe und den Kombinationsreihen bestehen (vergl. Abb. 5 und 6).

Kombinationen von *Rhizoctonia* mit nur einem Pilz

Wenn man die Kombinationen von *Rhizoctonia* mit je einem anderen Pilz miteinander vergleicht, dann sieht man, daß unter den Versuchsverhältnissen der Grad von Antagonismus der verschiedenen Pilze viel weniger verschieden war als beim 6. Versuch, wo z. B. ein ziemlich erheblicher Unterschied zwischen dem Grad des Antagonismus von *Absidia* und *Trichoderma* vorlag. Einerseits könnte man dies vielleicht der Variabilität der Pilze zuschreiben. Einige Forscher (u. a. Van Luijk, 1938; Sanford, 1939) haben darauf hingewiesen, daß sich bei der Kombination eines Parasiten mit einem Antagonisten unter sterilen Verhältnissen nicht

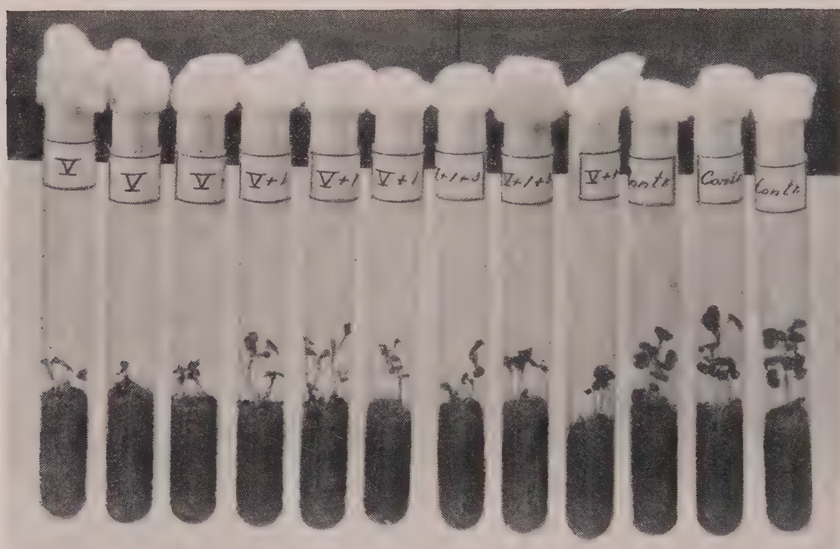


Abb. 5
Antagonismus von einem oder mehreren Pilzen in bezug auf Parasitismus von *Rhizoctonia solani* Kühn.
Von links nach rechts: 3 × *Rhizoctonia*; 3 × *Rhizoctonia* + *Absidia*; 3 × *Rhizoctonia* + *Absidia* + *Cylindrocarpon*; 3 × Kontrolle.

immer die gleichen Resultate ergeben. So erhielt Van Luijk z. B. in einem Fall mit einem Organismus oder einer Kombination von Organismen teilweise oder völlige Hemmung eines *Pythium*-Befalls, während er in einem anderen Fall mit demselben Organismus oder derselben Kombination gar kein Resultat erzielte. Andererseits ist es auch möglich, daß ein Unterschied in den äußeren Verhältnissen, sowie in Feuchtigkeit, Temperatur hier eine Rolle spielte. Obgleich die Grenzen, innerhalb deren die Temperatur bei beiden Versuchen schwankte, sich ungefähr gleich blieben, mögen doch die täglichen Unterschiede einen Einfluß auf die antagonistische Wirksamkeit (eventuell Toxinbildung) gehabt haben. Im

allgemeinen war die tägliche Maximaltemperatur beim 6. Versuch höher als beim 8. Versuch.

Der Befall war beim 6. Versuch oft kräftiger als beim 8. Versuch (nach einer gleichen Anzahl von Tagen). Wir hatten früher (S. 15) gesehen, daß eine höhere Temperatur den Befall durch *Rhizoctonia* fördert. Wir sehen hier, daß dies auch bei den Kombinationsreihen zutrifft.

Kombinationen von *Rhizoctonia* mit zwei Pilzen

Bei diesen Versuchen erwiesen sich *Trichoderma* B mit *Absidia* und *Trichoderma* B mit *Pyronema* als die wirksamsten antagonistischen Ver-



Abb. 6
Antagonismus von einem oder mehreren Pilzen
in bezug auf Parasitismus von *Rhizoctonia solani* Kühn.
Von links nach rechts: 3 × *Rhizoctonia* + *Absidia* + *Cylindrocarpon* + *Trichoderma* B; 3 × *Rhizoctonia* + *Absidia* + *Pyronema* + *Trichoderma* B; 3 × *Rhizoctonia* + *Absidia* + *Cylindrocarpon* + *Pyronema* + *Trichoderma* B; 3 × Kontrolle.

bindungen. Dann folgten *Absidia* mit *Pyronema* und *Absidia* mit *Cylindrocarpon*. Bei diesen Kombinationen war die antagonistische Wirksamkeit kräftiger als die der beiden einzelnen Komponenten.

Cylindrocarpon mit *Pyronema* war nur etwas stärker und *Cylindrocarpon* mit *Trichoderma* B fast in gleichem Grade antagonistisch wie die beiden Pilze für sich.

Kombinationen von *Rhizoctonia* mit drei Pilzen

In Kombination mit drei Pilzen war der Antagonismus in bezug auf die Pathogenität von *Rhizoctonia* überall kräftiger als in Kombination mit nur einem Pilz.

Sehr stark antagonistisch wirksam war die Kombination *Trichoderma* B mit *Pyronema* und *Absidia*, stärker als die Komponenten für sich oder zu zweit. Dann folgte *Trichoderma* B mit *Cylindrocarpon* und *Absidia*; diese Kombination wirkte kräftiger als die einzelnen Komponenten, auch kräftiger als *Trichoderma* B mit *Cylindrocarpon*, oder *Absidia* mit *Cylindrocarpon*, aber ungefähr genau so stark wie *Trichoderma* B mit *Absidia*.

Die Kombinationen *Cylindrocarpon* mit *Pyronema* und *Absidia*, und *Cylindrocarpon* mit *Pyronema* und *Trichoderma* B hatten auch einen stärkeren antagonistischen Einfluß als die einzelnen Komponenten. Hingegen war dieser Einfluß ebenso stark oder weniger stark als bei je zwei der Komponenten.

Kombination von *Rhizoctonia* mit vier Pilzen

Es wurde nur mit einer derartigen Kombination experimentiert. Ihr antagonistischer Einfluß war kräftiger als derjenige der einzelnen Komponenten oder zweier Komponenten; er war aber etwas weniger kräftig als bei *Absidia* mit *Pyronema* und *Trichoderma* B, übertraf jedoch den Antagonismus der anderen Kombinationen mit drei Antagonisten.

Wenn wir nun noch einmal alle in bezug auf *Rhizoctonia* antagonistisch wirksamen Kombinationen betrachten, so läßt sich sagen, daß, obgleich die vier Pilze, mit welchen hier experimentiert wurde, jeder für sich antagonistisch wirken, ihr gemeinsamer Einfluß in den Kombinationen nicht immer eine Verstärkung des Einflusses der einzelnen Komponenten bedeutet. In Kombination von *Rhizoctonia* mit zwei anderen Pilzen ist der antagonistische Effekt kräftiger in Kombinationen ohne als in solchen mit *Cylindrocarpon*.

Verbindet man eine Kombination von zwei Antagonisten mit *Absidia*, *Pyronema* oder *Trichoderma* B, so verstärkt dies die antagonistische Wirksamkeit; fügt man *Cylindrocarpon* zu, so wird dieser Effekt aber verringert. Dasselbe ist der Fall bei der Kombination von *Rhizoctonia* mit den vier Pilzen. Hier ist der antagonistische Effekt kräftiger als bei der Kombination ohne *Absidia* oder ohne *Pyronema* oder ohne *Trichoderma* B; ohne *Cylindrocarpon* hingegen war der Antagonismus stärker; auch hier wurde dieser Einfluß durch Hinzufügen von *Cylindrocarpon* verringert.

Weil *Cylindrocarpon* selbst in bezug auf *Rhizoctonia* antagonistisch wirksam ist, handelt es sich vielleicht um einen ungünstigen Einfluß von *Cylindrocarpon* auf den Antagonismus anderer Pilze und nicht um eine Stimulation in bezug auf die Pathogenität von *Rhizoctonia*.

D. Einfluß der verschiedenen Pilze auf Keimung und Keimpflanzen unter nicht sterilen Verhältnissen

Neben den Versuchen unter ganz sterilen Verhältnissen wurden auch einige Topfversuche durchgeführt, in denen hauptsächlich sterilisierte Erde

verwendet wurde, jedoch Infektion aus der Luft möglich war. Auch waren die Pflänzchen in höherem Maße den Schwankungen der äußeren Verhältnisse ausgesetzt.

Auch hier wurden die Samen vorher desinfiziert (S. 11). Die Versuche wurden in Stecklingstöpfen (S. 10) mit gesiebter Blättererde durchgeführt, die durch Erhitzung im Autoclaven bei $1^3/_4$ Atm. während einer Stunde sterilisiert war.

Zuerst wurde der Einfluß der verschiedenen Pilze auf Keimung und Keimpflänzchen untersucht.

9. Versuch (Tabelle 9)

Bei diesem orientierenden Versuch wurde eine Anzahl von mit sterilisierter Blättererde beschickten Töpfen mit Reiskulturen der einzelnen Pilze infiziert, die 15 Tage bei 24° C gewachsen waren. Mit jedem Pilz wurden zwei Töpfe infiziert; in vier Töpfen wurde nur steriler Reis mit der Erde vermischt; vier Töpfe mit ausschließlich sterilisierter Erde bildeten die Kontrollen. Daneben lief noch eine kleine Reihe mit nicht sterilisierter Erde, nämlich vier Töpfe mit *Rhizoctonia*, 4 mit Reis, 4 Kontrolltöpfe. In den einen Topf jeder Pilzreihe wurden 5 Samen ausgelegt (a), in den anderen 5 Keimlinge pikiert (b).

Tabelle 9

	a) Samen ausgelegt		b) Keimpflanzen pikiert	
	Gekeimt nach 12 Tagen	Bemerkungen	Entwicklung der Pflänzchen	Bemerkungen
		Sterilisierte Erde		
Absidia	4		××××	
Cladosporium	4		×	
Cylindrocarpon	4	Kleinere Pflänzchen	×	
Penicillium	1	Nach 20 Tagen 2, nach 27 Tagen 4 gekeimt	×××	
Pyronema	5		××	
Trichoderma A	5		××	
Trichoderma B	5		×××	
Rhizoctonia	5	3 umgefallen	×	2 umgefallen
Rhizoctonia	5	4 umgefallen	×	3 schlaff
Kontrolle + Reis	4		××	
Kontrolle + Reis	5		××	
Kontrolle	5	Sehr kräftige Pflänzchen	××××××	
Kontrolle	5	Sehr kräftige Pflänzchen	××××××	
		Nicht sterilisierte Erde		
Rhizoctonia	3	2 umgefallen	××	2 umgefallen
Rhizoctonia	4	1 umgefallen	××	2 umgefallen
Kontrolle + Reis	5	Kleine Pflänzchen	—	5 umgefallen
Kontrolle + Reis	5	Kleine Pflänzchen	—	5 umgefallen
Kontrolle	4		×××××	
Kontrolle	5		×××××	

Temperatur: 12—29° C.

Das Resultat findet sich in Tabelle 9; der Entwicklungsgrad der Keimpflänzchen nach 12 Tagen ist dort durch ein oder mehrere × angegeben; ×××××× bedeutet sehr schöne, kräftige Pflänzchen, × kleine Pflänzchen.

a) Samen ausgelegt.

Die Keimung verlief normal und war nach 6 Tagen schon ungefähr maximal; nur in der *Penicillium*-Reihe war nach 6 Tagen erst ein Samenkorn gekeimt.

Nur in den Töpfen mit *Rhizoctonia* fielen Pflänzchen um (nach 9 Tagen): in sterilisierter Erde 7 von 10, in nicht sterilisierter 3 von 10. Letzteres beruht wahrscheinlich auf einer antagonistischen Wirkung von in der Erde vorhandenen Organismen. Die gesund gebliebenen Pflänzchen in den *Rhizoctonia*-Töpfen waren klein, ebenso auch die Pflänzchen im *Cylindrocarpon*-Topf und diejenigen in den Töpfen mit Reis in nicht sterilisierter Erde. Sehr kräftig waren die Pflänzchen in den Kontrolltöpfen mit sterilisierter Erde. In den anderen Reihen waren die Pflänzchen überall kleiner als in der Kontrollreihe.

b) Keimpflänzchen pikiert.

In den Töpfen mit sterilisierter Erde waren, wie oben gesagt, nur in der *Rhizoctonia*-Reihe Pflänzchen umgefallen. In den meisten Pilzreihen (*Cladosporium*, *Cylindrocarpon*, *Pyronema*, *Trichoderma* A und *Rhizoctonia*) und in den Töpfen mit nur Reis waren die Pflänzchen klein. Besser entwickelt waren die Pflänzchen in den Reihen mit *Absidia*, *Penicillium* und *Trichoderma* B. Die Kontrollpflänzchen waren am besten gediehen.

In nicht sterilisierter Erde waren in den Töpfen mit *Rhizoctonia* 4 von 10 Pflänzchen umgefallen. Das ist also ungefähr das gleiche Bild, wie in sterilisierter Erde. In der Reihe mit nur Reis waren aber nach 3 Tagen alle Pflänzchen umgefallen. Wahrscheinlich war hier durch die Anwesenheit von Reis das Gleichgewicht im Boden gestört, so daß ein Parasit, welcher sich im Boden befand und für welchen der Reis einen willkommenen Nährstoff bildete, sich plötzlich kräftig entwickeln konnte; oder aber es lag eine Infektion aus der Luft vor. Die Kontrollpflänzchen waren gesund, aber etwas kleiner als in sterilisierter Erde.

10. Versuch (Tabelle 10; Abb. 7)

Nach den Ergebnissen des vorstehenden orientierenden Versuches 9 hatte es den Anschein, als ob verschiedene Pilze einen schädlichen Einfluß auf die Keimpflänzchen hätten, wenn auch nicht in gleichem Maße wie *Rhizoctonia*. Viele Pflänzchen blieben ja im Wachstum im Vergleich zu den Kontrollreihen zurück, was zu den Ergebnissen der Versuche unter ganz sterilen Verhältnissen nicht in Einklang steht. Deshalb wurde ein zweiter Versuch mit mehr Material angesetzt.

Bei diesem wurden keine Keimlinge pikiert und nur Samen ausgesät. Jede Reihe umfaßte 4 Töpfe mit 10 Samen je Topf, also 40 Samen Die Infektionen wurden auch hier mit Reiskulturen der betreffenden Pilze ausgeführt. Weil die Temperatur etwas niedriger war als beim 9. Versuch, verlief die Keimung der Samen langsamer.

Tabelle 10

Reihe	Gekeimt	Umgefallen	Gesund und ausgewachsen
	Sterilisierte Erde		
Absidia	31	8	20
Cladosporium	14	—	14
Cylindrocarpon	10	—	10
Penicillium	32	—	27
Pyronema	26	4	20
Trichoderma A	9	1	—
Trichoderma B	13	2	11
Rhizoctonia	15	—	14
Kontrolle + Reis	29	—	29
Kontrolle	33	—	32
	Nicht sterilisierte Erde		
Rhizoctonia	24	—	9
Kontrolle + Reis	20	—	4
Kontrolle	40	—	40

Temperatur: 3—20° C.

Wenn wir die Keimzahlen des 9. und 10. Versuches vergleichen, sehen wir, daß die Keimung bei niedrigerer Temperatur in den meisten Pilzreihen relativ schlechter ist als bei höherer. Im 4. Versuch (S. 15), welcher unter sterilen Verhältnissen durchgeführt wurde, war das aber nicht der Fall. Wahrscheinlich liegt die Ursache auch in diesem Fall anderswo. Immer besteht die Möglichkeit, daß andere Pilze von außen her in die Töpfe eingedrungen waren. Nach 25 Tagen zeigten nämlich Pflänzchen in verschiedenen Töpfen Krankheitserscheinungen, für die in den meisten Fällen *Botrytis cinerea* Pers. als Erreger nachgewiesen werden konnte.

Auch die Keimzahl der *Rhizoctonia*-Reihe in sterilisierter Erde war niedrig. Dies läßt sich wie bei den anderen Pilzen durch Infektion aus der Luft erklären. Wahrscheinlicher ist es aber, daß die niedrige Keimzahl der Wirkung von *Rhizoctonia* selbst zuzuschreiben ist; in der nicht sterilisierten Erde dürfte die Pathogenität von *Rhizoctonia* dann vielleicht durch andere Organismen antagonistisch beeinflußt worden sein. Die Keimzahlen der Kontrollreihen waren normal.

Bei den Versuchen unter sterilen und nicht oder nicht völlig sterilen Verhältnissen sind also sich widersprechende Ergebnisse erhalten worden. Die Pilze, welche unter sterilen Verhältnissen nicht parasitisch waren,

scheinen unter nicht sterilen Verhältnissen einen ungünstigen Einfluß auszuüben. Das ließe sich einmal so erklären, daß bei den Topfversuchen schädliche Pilze oder Bakterien aus der Umgebung in die Erde gelangen können, und daß der schädliche Einfluß auf diese zurückzuführen ist. Tatsächlich konnte in verschiedenen Fällen ein Absterben von älteren Keimpflänzchen durch *Botrytis*-Befall festgestellt werden. Auch die Tatsache, daß in Töpfen mit sterilisierter Erde, welche nur mit sterilem Reis gemischt wurde, die Keimung weniger gut war, und daß die darin pikierten Keimpflänzchen klein blieben, deutet auf eine Infektion von außen her.



Abb. 7
Einfluß der verschiedenen Pilze in Töpfen; Infektionsmaterial auf Reis.
1—10 sterilisierte Erde: 1. *Absidia*; 2. *Cladosporium*; 3. *Cylindrocarpon*: 4. *Penicillium*; 5. *Pyronema*; 6. *Trichoderma* A; 7. *Trichoderma* B; 8. *Rhizoctonia*; 9. Kontrolle + Reis; 10. Kontrolle. 11, 12, 13 nicht sterilisierte Erde; 11. *Rhizoctonia*; 12. Kontrolle + Reis: 13. Kontrolle.

Weiter ist es möglich, daß die Art des Infektionsmaterials eine Rolle spielt. Für die Versuche in Röhrchen waren immer Agarkulturen verwendet worden, für die Topfversuche hingegen Reiskulturen, wie das im Baarnschen Laboratorium üblich war, weil Reis sich so leicht mit Erde vermischen läßt. Andererseits haben die neueren Erfahrungen mit Reiskulturen zu Bodeninfektionsversuchen in Baarn gezeigt, daß gegen die Verwendung von Reis auch gewisse Bedenken erhoben werden können. Es sieht so aus, als ob der gleichzeitige reichliche Zusatz von organischen Nährstoffen die Virulenz der Pilze in anormaler Weise steigert. Van Eek (1937) hat außerdem auf die Möglichkeit hingewiesen, daß gleichzeitig auch giftige Abbauprodukte des Pilzes dem Erdboden zugeführt werden. Auch wir wollen die Möglichkeit nicht ausschließen, daß gewisse Krankheitserscheinungen der Pflänzchen auf solche Abbauprodukte zurückzuführen sind, die mit dem Reisnährboden in die Erde gelangen oder aber sich durch den Zusatz von Reis im Erdboden bilden. Auf jeden

Fall war es nötig, die Frage der Verwendung von Reisnährböden durch vergleichende Versuche mit Agarkulturen unter Verwendung von möglichst nährstoffarmem Agar zu prüfen.

11. Versuch (Tabelle 11)

Der folgende Versuch mit Zusatz von Agarkulturen zum Erdboden umfaßt zwei Serien, eine bei niedrigerer (5—26 ° C) und eine bei höherer Temperatur (10 - 35 °C); jede Reihe enthält 4 Töpfe mit zusammen 40 Samen.

Bei niedrigerer Temperatur machte sich kein Einfluß der verschiedenen Pilze auf die Keimung bemerkbar. Bei höherer Temperatur hatte *Rhizoctonia* einen ungünstigen Einfluß auf die Keimzahl. Auch mit den anderen Pilzen waren die Keimzahlen hier etwas niedriger als in der Kontrollreihe.

Wenn wir die Ergebnisse dieses Versuches mit denjenigen des 4. Versuches (S. 15) vergleichen, der unter sterilen Verhältnissen und ungefähr bei gleicher Temperatur stattfand, sehen wir, daß die Ergebnisse der Versuche 4 und 11 im Gegensatz zu den Topfversuchen mit Reiskulturen nunmehr in der Hauptsache übereinstimmen.

Tabelle 11

Temperatur: 5—26 ° C				Reihe	Temperatur: 10—35 ° C			
Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund		Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund
37	—	—	37	Kontrolle	37	—	—	37
35	5	8	22	Rhizoctonia	30	12	—	18
33	—	—	33	Absidia	35	—	—	35
37	—	—	37	Cladosporium	33	—	—	33
38	—	—	38	Cylindrocarpon	35	—	—	35
37	—	—	37	Penicillium	31	—	—	31
34	—	—	34	Pyronema	32	—	—	32
34	—	—	34	Trichoderma A	36	—	—	36
36	—	—	36	Trichoderma B	32	—	—	32

Bei beiden hatten die verschiedenen Pilze einen etwas ungünstigen Einfluß auf die Keimzahl bei höherer Temperatur. *Rhizoctonia* hatte einen schädlichen Einfluß auf die Keimzahl, in den Topfversuchen nur bei höherer Temperatur; in den Röhrchen ließ sich dieser Einfluß stärker und auch bei niedrigerer Temperatur nachweisen, wobei es allerdings möglich ist, daß gewisse Temperaturunterschiede doch eine Rolle gespielt haben, da trotz Gleichheit der Maximal- und Minimaltemperaturen unterschiedliche Schwankungen im Temperaturverlauf vorlagen (siehe Abb. 9, S. 35).

In den Röhrchen ging der Befall der Keimpflänzchen durch *Rhizoctonia* bei höherer Temperatur schneller vor sich als bei niedrigerer. Dies war auch bei den Topfversuchen der Fall; hier waren nach 6 Tagen bei

höherer Temperatur 1 Pflänzchen stark und 2 leicht befallen (bei niedrigerer Temperatur 0 und 0); nach 10 Tagen waren diese Zahlen 9 und 1 (0 und 5); nach 16 Tagen 12 und 0 (4 und 5). Nachher trat bei höherer Temperatur kein Befall mehr auf. Im Gegensatz zu den Pflänzchen in Röhrchen konnten diejenigen in den Töpfen sich weiter entwickeln; sie wuchsen durch das Keimpflanzenstadium und damit durch die empfindliche Periode hindurch. Die Zahl der kranken Pflänzchen nahm sogar ab, weil sich oberhalb der eingesunkenen Stelle neue Würzelchen bildeten, worauf ein derartiges Pflänzchen wieder weiter gedieh. Bei niedrigerer Temperatur verschieben sich die Zeiten. Hier ist nach 22 Tagen noch eine Zunahme der Zahl der kranken Pflänzchen festzustellen, nämlich 5 stark und 8 leicht befallene. Dann greift auch hier der Befall nicht weiter um sich. In Tabelle 11 ist der Zustand am Ende des Keimpflanzenstadiums dargestellt, also bei niedrigerer Temperatur nach 22, bei höherer nach 16 Tagen.

Die Ergebnisse dieses Versuches machen es also sehr wahrscheinlich, daß die Verwendung von Pilzkulturen auf Reis als Infektionsmaterial an den abweichenden Resultaten des 9. und 10. Versuches schuld ist.

E. Einfluß von Kombinationen von *Rhizoctonia solani* Kühn mit nicht parasitischen Bodenpilzen auf Keimung und Keimpflanzen unter nicht sterilen Verhältnissen

Um die Resultate der Versuche unter ganz sterilen Verhältnissen mit solchen unter natürlicheren Bedingungen zu vergleichen, kamen auch Versuche mit Pilzkombinationen in Töpfen zur Durchführung.

12. Versuch (Tabelle 12)

Bei diesem Versuch, welcher anschließend an den 9. und 10. Versuch durchgeführt war, also länger zurückliegt, sind noch Reiskulturen als Infektionsmaterial verwendet worden. Der Inhalt eines Kölbchens mit einer *Rhizoctonia*-Kultur und eines mit einer Kultur von einem anderen Pilze wurden zusammen mit sterilisierter Erde für 4 Töpfe vermischt. Jede Reihe umfaßte 4 Töpfe mit im ganzen 40 Samen; der Versuch fand bei mäßiger Temperatur (5—21 ° C) statt.

Bei diesem Versuch war die Keimung in den Kombinationsreihen besonders schlecht, meistens noch schlechter als in der *Rhizoctonia*-Reihe. Weil aber aus dem 10. Versuch hervorgegangen ist, daß auch Reiskulturen von anderen Pilzen als von *Rhizoctonia* einen schädlichen Einfluß auf die Keimung haben, leuchtet es ein, daß bei Hinzufügung von Reiskulturen von zwei Pilzen, wobei also noch mehr organische Substanzen hinzugefügt werden, die schädliche Wirkung zunimmt.

Von einem Befall der Keimpflänzchen durch *Rhizoctonia* war hier eigentlich kaum die Rede. Bei der Kombination *Rhizoctonia* + *Pyronema*

Tabelle 12

Reihe	Gekeimt	Umgefallen	Gesund
Sterilisierte Erde			
Rhizoctonia + Absidia	6	—	6
Rhizoctonia + Cladosporium . . .	12	—	12
Rhizoctonia + Cylindrocarpon . . .	6	—	6
Rhizoctonia + Penicillium	5	—	5
Rhizoctonia + Pyronema	7	2	5
Rhizoctonia + Trichoderma A . . .	8	—	8
Rhizoctonia + Trichoderma B . . .	7	—	7
Rhizoctonia	11	5	6
Kontrolle + Reis	24	12	12
Kontrolle	33	4	29
Nicht sterilisierte Erde			
Rhizoctonia	29	—	29
Kontrolle + Reis	27	—	27
Kontrolle	33	—	33

Temperatur: 5—21° C.

sind zwei Pflänzchen krank geworden; beide waren aber von *Botrytis* befallen. In der *Rhizoctonia*-Reihe wurden 5 krank, davon aber sicher 2 durch *Botrytis*, und bei der Kontrolle in sterilisierter Erde wurden 4 von *Botrytis* befallen.

Die Ergebnisse dieses Versuches entsprechen also nicht denjenigen der Versuche unter sterilen Verhältnissen. Von Antagonismus zeigte sich keine Spur. Im übrigen ist die einwandfreie Beurteilung des vorstehenden Versuches kaum möglich, weil die starke Zugabe von Reisnährboden offensichtlich anormale Verhältnisse geschaffen hat.

13. Versuch (Tabelle 13; Abb. 8)

Der folgende Versuch ist nun wieder unter Verwendung von Agarkulturen durchgeführt. Er lief gleichzeitig mit dem 11. Versuch und um-

Tabelle 13

Temperatur: 5—26° C				Reihe	Temperatur: 10—35° C			
Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund		Gekeimt	Stark befallen	Leicht befallen	Gesund
37	—	—	37	Kontrolle	37	—	—	37
36	—	—	36	Kontrolle + Agar	37	—	—	37
35	**5**	**8**	22	Rhizoctonia	30	**12**	—	18
36	—	**3**	33	Rhizoctonia + Absidia . . .	38	**1**	—	37
38	**1**	**1**	36	Rhizoctonia + Cladosporium .	36	**5**	—	31
34	—	**1**	33	Rhizoctonia + Cylindrocarpon	36	**1**	—	35
37	**4**	**6**	27	Rhizoctonia + Penicillium . .	33	**6**	—	27
32	**4**	**2**	26	Rhizoctonia + Pyronema . .	36	**5**	**2**	29
32	**3**	**2**	27	Rhizoctonia + Trichoderma A	34	**4**	**1**	29
40	**2**	**4**	34	Rhizoctonia + Trichoderma B	34	**4**	—	30

faßte ebenfalls eine Serie bei niedrigerer und eine bei höherer Temperatur. Jede Serie war zusammengestellt aus Kombinationsreihen von *Rhizoctonia* mit den verschiedenen Pilzen, einer Kontrollreihe mit sterilem Agar, einer Kontrollreihe ohne Agar und einer *Rhizoctonia*-Reihe. Jede Reihe umfaßte wieder 40 Samen.

Bei höherer Temperatur hatte *Rhizoctonia* einen etwas ungünstigen Einfluß auf die Keimzahl, die in den Kombinationsreihen überall günstiger liegt als in der *Rhizoctonia*-Reihe. Krankheitsfälle der Keimpflänzchen

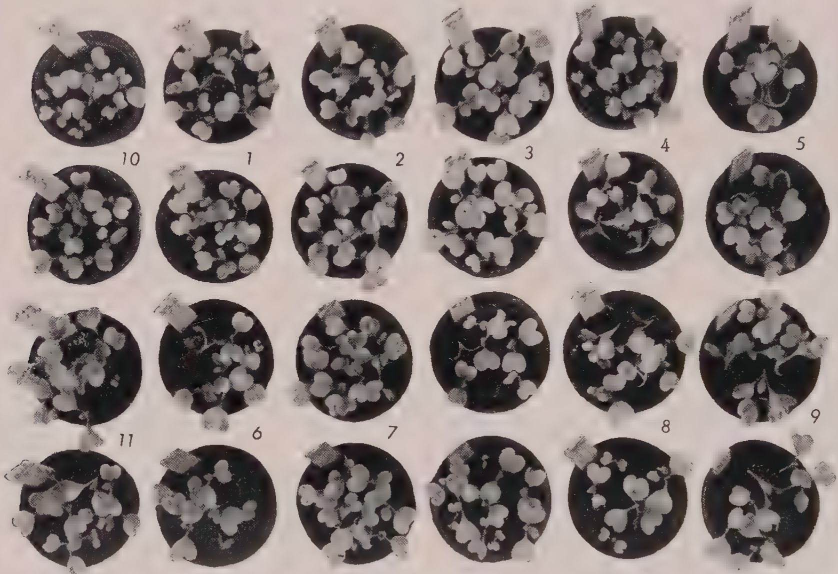


Abb. 8

Einfluß von Pilzkombinationen in Töpfen; Agarkulturen als Infektionsmaterial; sterilisierte Erde. 1. *Rhizoctonia* + *Absidia*; 2. *Rhizoctonia* + *Cladosporium*; 3. *Rhizoctonia* + *Cylindrocarpon*; 4. *Rhizoctonia* + *Penicillium*; 5. *Rhizoctonia* + *Pyronema*; 6. *Rhizoctonia* + *Trichoderma* A; 7. *Rhizoctonia* + *Trichoderma* B; 8. und 9. *Rhizoctonia*; 10. Kontrolle; 11. Kontrolle + Agar. (Temperatur 5 – 26° C)

traten in der *Rhizoctonia*-Reihe zum ersten Male nach 6 Tagen auf, in den Kombinationsreihen erst nach 10 Tagen; nach 16 Tagen war hier der Prozentsatz der befallenen Pflänzchen ebenfalls noch viel geringer als in der *Rhizoctonia*-Reihe. Später trat kein Befall mehr auf, während schon befallene Pflänzchen sich teilweise wieder erholten (vergl. S. 32). Am besten können wir die antagonistische Wirkung der verschiedenen Pilze hier also nach 16 Tagen an der Anzahl der gesunden Pflänzchen feststellen, weil dann sowohl der Einfluß auf die Keimung, als der Einfluß auf die Keimpflänzchen gemeinschaftlich zum Ausdruck gelangen. Es zeigt sich, daß die Anzahl gesunder Pflänzchen in der *Rhizoctonia*-Reihe viel kleiner ist, als in der anderen. Obgleich, wie wir im 11. Versuch gesehen

haben, die verschiedenen Pilze bei dieser Temperatur einen etwas ungünstigen Einfluß hatten, ist doch ihre antagonistische Wirksamkeit in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia* klar.

Auch bei niedrigerer Temperatur war ein deutlicher Antagonismus der meisten Pilze in bezug auf den Parasitismus von *Rhizoctonia* zu beobachten (Abb. 8). Die Zahl der befallenen Pflänzchen war in den meisten Kombinationsreihen viel kleiner: eine Ausnahme bilden die Reihen *Rhizoctonia* + *Penicillium* und *Rhizoctonia* + *Pyronema*, in welchen die Anzahl

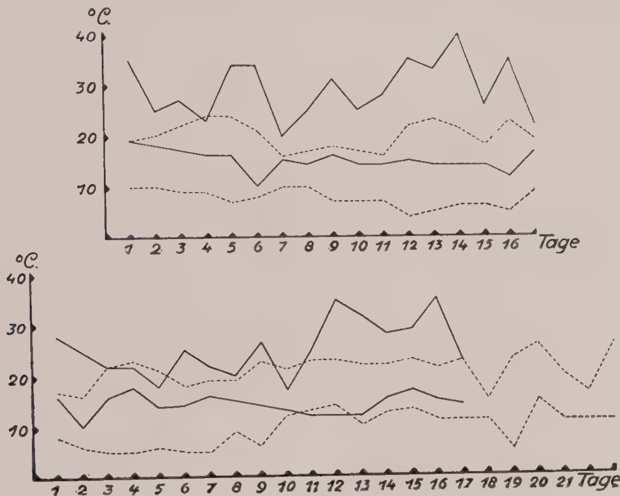


Abb. 9

Tägliche Maximal- und Minimaltemperaturen beim 4., 7., 11. und 13. Versuch.
Oben: 4. und 7. Versuch: gezogene Linien: höhere Temperaturen (10—40° C);
punktierte Linien: niedrigere Temperaturen (4—24° C);
Unten: 11. und 13. Versuch: gezogene Linien: höhere Temperaturen (10—35° C);
punktierte Linien: niedrigere Temperaturen (5—26° C).

der befallenen Pflänzchen ebenso groß ist wie in der *Rhizoctonia*-Reihe. Es ist aber möglich, daß auch hier Infektion von außen her vorgekommen ist.

Wenn man die Ergebnisse dieses Versuches mit denjenigen der unter ganz sterilen Verhältnissen durchgeführten Versuche vergleicht, namentlich mit denen des 7. Versuches (S. 20), in dem Blättererde als Substrat verwendet wurde, sieht man, daß sie übereinstimmen. In beiden Fällen üben die verschiedenen Pilze einen deutlich antagonistischen Einfluß auf die Virulenz von *Rhizoctonia* aus.

Bei den Versuchen unter sterilen Verhältnissen (Versuch 7) lagen bei niedrigerer und bei höherer Temperatur ziemlich große Unterschiede des Effektes vor, bei den Topfversuchen nur noch unbedeutende. Hieran können verschiedene Faktoren schuld sein: Infektion von außen her, wodurch der Antagonismus positiv oder negativ beeinflußt werden kann: die abweichende Feuchtigkeit, welche bei den Versuchen in Röhrchen viel

konstanter blieb, und schließlich die Temperatur an sich. Die höhere Temperatur beim 7. Versuch lag z. B. zwischen 10 und 40° C, die niedrigere zwischen 4 und 24° C; beim 13. Versuch zwischen 10 und 35° C und zwischen 5 und 26° C. Aus Abb. 9, welche die täglichen Schwankungen der Temperatur zeigt, ist zu ersehen, daß beim 7. Versuch die höhere und niedrigere Temperatur viel mehr als beim 13. Versuch von einander abweichen. Dadurch sind diese Versuche also nicht ganz untereinander vergleichbar. Wir werden später auch sehen (Kapitel 2), daß eine Temperatur über 30° C einen ungünstigen Einfluß auf die Keimpflanzen hat. Nach Abb. 9 stieg beim 7. Versuch das tägliche Temperaturmaximum sofort über 30° C, beim 13. Versuch erst nach 12 Tagen, so daß im 7. Versuch die Pflänzchen wahrscheinlich etwas geschwächt waren.

2. Kapitel
Versuche bei konstanter Temperatur

Aus den im 1. Kapitel beschriebenen Versuchen geht hervor, daß die Temperatur beim Auftreten von antagonistischen Effekten eine wichtige Rolle spielen kann. Auch in der Literatur ist wiederholt auf den Einfluß der Temperatur bei dem Antagonismus von Mikroorganismen hingewiesen worden. Nur wenige Forscher aber haben diesen Einfluß systematisch untersucht.

Frost wies allerdings 1904 nach, daß bei dem Antagonismus von vier Bakterien *Eberthella typhosa* (Zopf) Weldin[1]) gegenüber stets eine Bildung von antagonistisch wirksamen Stoffen erfolgt; der Grad der antagonistischen Wirksamkeit war jedoch von der Temperatur abhängig; bei 38° C war diese Wirksamkeit sehr stark; bei 10—12° C war dagegen Wachstum von *Eberthella typhosa* möglich.

Nikitinsky (1904) hat ebenfalls dargelegt, daß die Temperatur großen Einfluß haben kann. Bei einem Versuch, in dem *Aspergillus niger* v. Tieghem und *Penicillium glaucum* Link zusammen in eine Nährlösung geimpft wurden, sah er bei Temperaturen zwischen 20 und 33° C keine Entwicklung von *Penicillium*, während *Aspergillus* üppig gedieh. Hingegen entwickelte sich bei 15—16° C ausschließlich *Penicillium*.

Aus den Untersuchungen von Savastano und Fawcett im Jahre 1929 war ersichtlich, daß die Temperatur einen selektiven Effekt ausüben kann. Bei Infektion von Zitronen mit einer Kombination von *Aspergillus niger* v. Tieghem + *Penicillium italicum* Wehmer + *Penicillium digitatum* Sacc. dominierte bei höherer Temperatur *Aspergillus*, hingegen bei niedrigerer *Penicillium italicum*. Das Wachstumsoptimum von *Penicillium italicum* liegt auch bei niedrigerer Temperatur, von *Aspergillus* bei höherer. Aber auch die Wirtspflanze kann dann noch selektiv wirken. Zitronen und Orangen

[1]) Bei Frost: *Bacillus typhosus* Gaffky.

waren in gleichem Maße empfindlich für *Aspergillus*; Zitronen aber für *Oospora citri-aurantii* (Ferr.) Sacc. et Syd. empfindlicher als Orangen. Bei Infektion mit der Kombination *Penicillium italicum* + *Penicillium digitatum* + *Aspergillus niger* + *Oospora citri-aurantii* dominierte mithin bei höherer Temperatur *Oospora* bei Zitronen, *Aspergillus* aber bei Orangen.

Gioelli (1933) konstatierte einen Einfluß der Temperatur bei seinen Untersuchungen über den Antagonismus von *Penicillium digitatum* Sacc.[1]) und *Penicillium italicum* Wehmer. Bei niedrigeren Temperaturen blieben die beiden Pilze auf den infizierten Citrusfrüchten räumlich getrennt. Bei höherer Temperatur entwickelten sie sich viel rascher; erst war auch hier eine Scheidung zu beobachten, aber später wuchsen die Pilze durcheinander.

1926 veröffentlichten Jones, Johnson und Dickson ihre Untersuchungen über den Einfluß der Bodentemperatur auf die Entwicklung von durch pathogene Bodenpilze hervorgerufenen Pflanzenkrankheiten. Sie wiesen darauf hin, daß neben dem direkten Einfluß der Außenverhältnisse auf die Beziehungen zwischen der Wirtspflanze und dem Parasiten vielleicht auch ein Einfluß auf die allgemeine Entwicklung der Bodenorganismen und dadurch dann zugleich ein indirekter Einfluß auf die phytopathologischen Resultate möglich wäre. Sie meinten aber, daß dieser von untergeordneter Bedeutung sei.

Henry beschrieb 1932 seine Versuche über den Befall von Weizenkeimlingen durch *Ophiobolus graminis* Sacc. in sterilisiertem und nicht sterilisiertem Boden bei verschiedenen Temperaturen. Bei Temperaturen unter 20° C gab es kaum einen Unterschied im Befallsgrad; bei höherer Temperatur war aber ein deutlicher Unterschied zu bemerken: der Befall in sterilem Boden war viel kräftiger als in nicht sterilem. So waren z. B. in sterilem Boden bei 27° C alle Keimlinge abgetötet, während diejenigen in nicht sterilem Boden kaum befallen waren. Henry erklärt diese Tatsache nun dadurch, daß bestimmte Bodenorganismen, welche den Befall durch *Ophiobolus graminis* hemmen, bei höheren Temperaturen stärker antagonistisch wirksam seien, hingegen bei Temperaturen unter 20° C nur geringen Einfluß haben.

Garrett (1934a; 1936) hat festgestellt, daß *Ophiobolus graminis* Sacc. sehr empfindlich für Veränderungen in der Bodenbeschaffenheit ist: die Temperatur hat wahrscheinlich einen indirekten Einfluß auf diesen Parasiten, indem sie die Bodenflora allgemein beeinflußt. An anderer Stelle (1934b) betont er den Einfluß der verschiedenen Außenverhältnisse, u. a. der Temperatur, auf den Antagonismus zwischen *Ophiobolus* und anderen Bodenpilzen.

Aus den Versuchen von Weindling (1934b, c) ist hervorgegangen, daß die antagonistische Wirksamkeit von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz in bezug auf *Rhizoctonia solani* Kühn und andere Pilze auf die

[1]) Nach Gioelli: *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc.

Bildung eines toxischen Stoffes (lethal principle) der jungen Hyphen zurückzuführen ist. Dieser Stoff wird aber wieder abgebaut, und zwar um so rascher, je höher das pH war. Dieser Abbauprozeß ging nun bei 2° C viel langsamer vor sich als bei 24° C.

Weindling und Fawcett (1936) sahen, daß, wenn dem Boden Aluminiumsulfat bis zu einem Säuregrad von pH 4,0 zugefügt wird, das Wachstum und die antagonistische Tätigkeit von *Trichoderma lignorum* in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* gefördert wurde. Temperaturen zwischen 18 und 35° C hatten offenbar keinen Einfluß weder auf den Befallsgrad von *Citrus*keimlingen durch *Rhizoctonia* noch auf die günstigen Resultate, welche durch Zusatz von Aluminiumsulfat erhalten worden waren.

Um auch den Einfluß der Temperatur in bezug auf die hier beschriebenen antagonistischen Erscheinungen gründlicher zu studieren, sind Versuche bei konstanter Temperatur angestellt worden.

Diese Versuche sind im Institut für spezielle Botanik der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich durchgeführt worden. Dem Direktor dieses Institutes, Herrn Prof. Dr. E. Gäumann, möchte ich an dieser Stelle meinen warmen Dank aussprechen für seine Ratschläge und Hilfe bei der Durchführung dieses Teils der vorliegenden Arbeit. Dem Vorstand des „Dr. Christine Buismanfonds" bin ich sehr verbunden für das Stipendium, das sie mir zur Verfügung stellten und das mir die Fortsetzung meiner Erforschungen ermöglichte.

Bevor der Einfluß der Temperatur auf die antagonistischen Erscheinungen studiert wurde, ist erst die Temperaturwirkung auf Keimung und Keimpflanzen von *Brassica chinensis* L. und auf das Wachstum der verschiedenen Pilze getrennt untersucht.

Die Versuche bei konstanter Temperatur wurden in einer Reihe von Thermostaten durchgeführt, die auf verschiedene Temperaturen von 0 bis 42° C, mit einem Intervall von 3° C, eingestellt waren. Während der Versuche wurden die Thermostaten täglich kontrolliert, wobei darauf geachtet wurde, daß die Temperatur keine größeren Schwankungen als ca. 0,5° C zeigte. Bei den Versuchen mit Keimpflanzen war in den Thermostaten eine Beleuchtung angebracht.

A. Einfluß der Temperatur auf Keimung und Keimpflanzen von *Brassica chinensis* L.

14. Versuch (Abb. 10)

In Kristallisierschalen von 20 cm Durchmesser und 10 cm Höhe wurden auf quadratische Tonplatten von 12 × 12 cm 100 Samen je Schale gelegt. Der Boden der Schalen war mit sterilem destillierten Wasser überdeckt, so daß die Tonplatten feucht blieben. Jede Schale wurde mit einer Glasplatte belegt, so daß fortwährend Wasser auf dem Boden der

Schalen blieb. Vor dem Versuch waren die Schalen samt den Tonplatten und Glasplatten während $^1/_2$ Stunde im Autoklaven bei 125° C sterilisiert worden. Die Samen waren vorher während $^1/_2$ Stunde mit $^1/_8$ prozentiger Ceresanlösung desinfiziert und dann nachgespült. Die Schalen mit den Samen standen bei Dunkelheit in den verschiedenen Thermostaten von 0 bis 42° C.

Während 21 Tagen wurde die Keimung fast täglich kontrolliert. Auch wurde die Anzahl Keimlinge, welche eine Länge von 5 cm erreicht hatten, jeden Tag gezählt und aus den Schalen entfernt. Dadurch war es möglich, die Zeit zu bestimmen, welche die Keimlinge bei den ver-

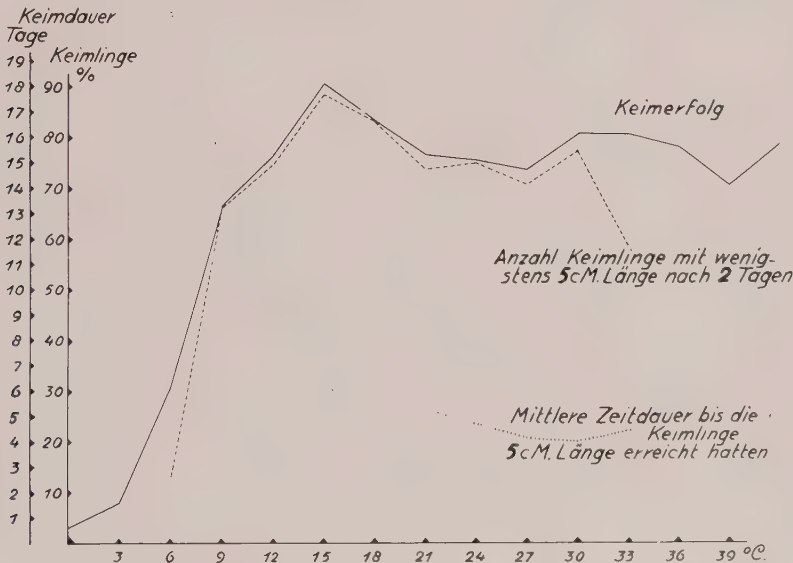


Abb. 10
Einfluß der Temperatur auf die Keimung und die Entwicklung der Keimpflanzen von *Brassica chinensis* L., „Lungbok".
Mittlere Zeit, bis die Keimlinge 5 cm lang sind.

schiedenen Temperaturen durchschnittlich brauchten, um eine Länge von 5 cm zu erreichen.

Die Ergebnisse sind in Abb. 10 graphisch dargestellt. Danach keimten die Samen gut bei allen Temperaturen über 9° C.

Als der Versuch nach 21 Tagen beendet wurde, war die Zahl der gekeimten Samen bei den niedrigsten Temperaturen (0°, 3°, 6° C) noch ziemlich klein; bei diesen Temperaturen war der Keimungsprozeß aber vielleicht noch nicht beendet. Auf jeden Fall verzögern die niedrigeren Temperaturen die Keimungsgeschwindigkeit stark. Bei den höheren Temperaturen liegen gewisse Schwankungen in der Höhe der Keimprozente vor, die sich durch die Verwendung eines zu geringen Samenmaterials

erklären. Nach der Keimungsgeschwindigkeit zu urteilen, liegt das Keimungsoptimum zwischen 15° und 25° C.

In bezug auf die Keimpflänzchen konnte folgendes beobachtet werden: Die hohen Temperaturen hatten einen deutlich ungünstigen Einfluß auf die Keimlinge, welche früh zum Absterben kamen; bei 42° C blieben sie sehr klein, wurden bald schlaff und schleimig und waren nach 8 Tagen alle abgestorben; bei 36° und 39° C erreichten die Keimpflänzchen noch eine Länge von 2 bis 3 cm; dann schrumpften die Wurzeln ein, und nach 9 Tagen waren alle tot. Bei 33° C hatte nach 8 Tagen bereits eine ziemlich große Zahl der Pflänzchen eine Länge von 5 cm erreicht. Die übrigen gingen dann aber in der Entwicklung zurück und waren nach 15 Tagen abgestorben.

Bei den Temperaturen von 9—30° C entwickelten die Keimpflänzchen sich gut. Bei 30° C waren sie aber weniger kräftig als bei 27° C. Beim Abschluß des Versuches nach 21 Tagen hatte bei 0° und 3° C noch keiner der Keimlinge, bei 6° C bloß eine kleine Anzahl eine Länge von 5 cm erreicht; hier war der verzögernde Einfluß der niedrigeren Temperaturen wieder bemerkbar.

Die für die Keimung und Entwicklung der Keimlinge günstigsten Temperaturen liegen also zwischen 12° und 30° C.

Um bei späteren Versuchen über Antagonismus gleichwertige Keimlinge miteinander vergleichen zu können, ist bei den verschiedenen Temperaturen die Zeit bestimmt worden, welche die Keimlinge durchschnittlich brauchen, um eine Länge von 5 cm zu erreichen. Die folgende Zusammenstellung enthält die entsprechenden Zeitangaben:

	Temperatur in ° C									
	5,6	9,3	11,6	15,4	18,5	21,5	24,4	27,4	30,4	33,3
Zeit (Tage) . .	21,0 ± 0	14,6 ± 0,2	9,4 ± 0,2	6,3 ± 0,1	5,1 ± 0,2	5,2 ± 0,2	4,7 ± 0,2	4,2 ± 0,1	4,1 ± 0,03	4,5 ± 0,1

B. Einfluß der Temperatur auf das Wachstum der Pilze

Der Einfluß der Temperatur wurde auf festem und auf flüssigem Nährsubstrat geprüft. Auf festem Nährboden ist das Wachstum linear gemessen. Bei dieser Methode wird nur auf das an der Oberfläche gebildete Myzel Rücksicht genommen.

Bei der anderen Methode wurde das Myzel der in einer Nährlösung kultivierten Pilze quantitativ bestimmt. Eine gewisse Schwierigkeit liegt bei dieser Methode insoweit vor, als der Sauerstoff nicht so leicht in die Nährlösung eindringen kann (Anliker, 1935).

Auch die Wahl des Nährbodens spielt eine Rolle, denn das Wachstum der Pilze wird durch die Ernährung mit bestimmt. Weiter ist zu

berücksichtigen, daß sich die in künstlichem Medium erhaltenen Ergebnisse nicht ohne weiteres auf die natürlichen Prozesse übertragen lassen (Fischer und Gäumann, 1929). Man kann den Resultaten der hier verwendeten Methoden also nur relativen Wert beimessen.

Auf festem Substrat sind bei den verschiedenen Temperaturen acht Parallelversuche durchgeführt worden, in flüssigem Substrat zehn. Von den Ergebnissen der Parallelversuche einer Reihe wurde der arithmetische Mittelwert berechnet und in den Tabellen angeführt. Um auch die Schwankungen der verschiedenen Ergebnisse zum Ausdruck zu bringen, ist der mittlere Fehler aus den Abweichungen der Einzelresultate jeder Versuchsserie nach der Formel

$$m = \sqrt{\frac{\Sigma a^2}{n\,(n-1)}}$$

berechnet worden (mittels der Tabellen von Zöller, 1925), wobei Σa^2 die Summe der Quadrate der Einzelabweichungen vom arithmetischen Mittelwert und n die Anzahl Parallelversuche einer Reihe darstellt.

Der Unterschied D zwischen den Resultaten zweier Temperaturserien gilt erst dann als gesichert, wenn

$$D \geqq 3\sqrt{m_1^2 + m_2^2}$$

wobei m_1 und m_2 die mittleren Abweichungen der beiden Serien sind.

Bei den Berechnungen wurden auch Crelles Rechentabellen (1930) gebraucht.

a) Methodisches

α) Versuche auf festem Nährboden.

Das lineare Wachstum der Pilze wurde in Kolleschalen gemessen (Tanja, 1933). Als Nährboden wurde Malzagar von folgender Zusammensetzung verwendet: 20 g Agar und 40 g konzentrierter Malzextrakt (der Firma Wander A.-G., Bern[1]) auf 1 Liter destilliertes Wasser.

In jede Schale wurde 150 ccm dieses Nährbodens in warmem, flüssigem Zustand ausgegossen; dann wurden die Schalen dreimal, mit 24 Stunden Zwischenzeit, während $1^1/_2$ Stunden bei 98 °C im Dampftopf sterilisiert (fraktionierte Sterilisation). Nach Erstarrung des Nährbodens blieben die Schalen noch ungefähr 10 Tage liegen, bevor sie beimpft wurden, damit das Kondenswasser so viel wie möglich verdunsten konnte. Dann wurden sie beimpft, indem mittels eines gebogenen Glasröhrchens von einer 10 Tage alten Pilzkultur auf Malzagar in einer Petrischale Stückchen von 4 mm Diam. ausgestanzt und diese Stückchen mittels einer Impfnadel in die Mitte der Kolleschalen übertragen wurden. Hierbei wurde darauf geachtet,

---

[1]) Anliker (1935) teilt mit, daß nach der Analyse der Fabrik in dieser Menge Malzextrakt vorhanden waren: 16,4 g Maltose, 12,8 g Dextrin, 2,8 g Albuminosen und Peptone und 0,6 g Nährsalze (phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Magnesia, Alkalien).

daß stets nur gleichmäßig junges, also gleichwertiges Impfmaterial Verwendung fand, also z. B. von *Cylindrocarpon didymum* nur der äußere Rand, während von dem schnellwachsenden *Trichoderma lignorum* auch Myzel aus der inneren Myzelfläche entnommen werden konnte. Jede Versuchsreihe wurde in achtfacher Wiederholung durchgeführt.

Die Schalen wurden in Thermostaten von 3—39° C gestellt, im Dunkeln. Wenn bei einer der Temperaturen das Myzel bis zum Rand der Schalen gewachsen war, wurden alle 104 Schalen (8 Schalen bei 13 Temperaturen) den Thermostaten entnommen und der Durchmesser der Kulturen durch Messung über Kreuz bestimmt.

Für nur sehr geringes, nicht meßbares Wachstum ist die Bezeichnung „Spuren“ gewählt.

β) Versuche in Nährlösung.

Auf Grund umfangreicher Versuche, die erst im 3. Kapitel dieser Arbeit näher erwähnt sind, wurde Knopsche Lösung mit einem Zusatz von $^1/_2$ % Glukose als günstigste Nährlösung gefunden.

Um zu verhindern, daß sich ein Bodensatz bildete, wurden je Liter zwei Tropfen konzentrierter Zitronensäurelösung zugefügt.

Für jeden Pilz wurden 130 Erlenmeyerkolben aus Muranoglas (Kaliglas) von 400 ccm Inhalt mittels eines Füllapparats mit je 100 ccm dieser Lösung gefüllt, darauf die Kolben mit einem Wattebausch verschlossen und drei Tage hintereinander während einer Stunde im Dampftopf bei 98° C sterilisiert. Dann wurden sie mit Material aus Petrischalen, wie unter α) beschrieben (S. 41) beimpft und in die dunklen Thermostaten von 3—39° C gestellt.

Jede Versuchsreihe wurde zehnmal wiederholt: von jedem Pilz wurden 10 Kolben bei derselben Temperatur gehalten.

Als Maß für die Quantität des gebildeten Myzels galt sein Trockengewicht. Nach ungefähr drei Wochen wurden die Kolben aus den Thermostaten genommen. Weil es nicht möglich war, sämtliche 130 Kolben an einem Tag zu behandeln, blieb ein Teil während eines oder zweier Tage bei 0° C bewahrt; bei dieser Temperatur trat kein meßbares *(Cladosporium)* oder überhaupt kein Wachstum auf. Der Inhalt der Kolben wurde durch Papierfilter filtriert, die vorher in Wägegläschen bei 104° C getrocknet und dann gewogen waren. Das zurückgebliebene Myzel wurde zehnmal oder nötigenfalls häufiger mit heißem Wasser sorgfältig ausgewaschen, bis das Ammoniak völlig entfernt war. Wenn die Filter mit dem Myzel lufttrocken waren, wurden sie in den Wägegläschen getrocknet, erst während einer Stunde bei 60° C, dann während vier Stunden bei 104° C; nachdem sie eine halbe Stunde im Exsikkator abgekühlt waren, wurden sie auf einer elektrischen Waage gewogen, die ein rasches Wiegen ermöglichte. Von den zehn Gewichtsbestimmungen einer Temperaturreihe wurde der arithmetische Mittelwert und der mittlere Fehler berechnet; dieser Mittelwert ist den späteren Ausführungen zugrunde gelegt.

Tabelle 14

Lineares Wachstum in Millimeter

Temperatur °C	Absidia spinosa	Cladosporium herbarum	Cylindrocarpon didymum	Penicillium expansum	Pyronema confluens	Trichoderma lignorum A	Trichoderma lignorum B	Rhizoctonia solani
3	—	37,9 ± 0,5	Spuren	21,4 ± 0,5	Spuren	—	—	—
6	Spuren	45,9 ± 0,5	23,6 ± 0,9	32,1 ± 0,4	15,9 ± 0,8	—	—	—
9	33,3 ± 0,6	73,5 ± 3,2	56,7 ± 0,4	60,0 ± 0,5	34,7 ± 1,7	21,3 ± 0,4	12,0 ± 0,4	Spuren
12	71,0 ± 2,6	84,8 ± 1,4	90,5 ± 1,0	72,6 ± 1,1	56,7 ± 2,2	30,5 ± 0,7	38,4 ± 0,7	22,9 ± 1,6
15	109,1 ± 1,9	108,4 ± 2,8	129,5 ± 0,8	94,9 ± 0,8	82,3 ± 1,3	42,1 ± 1,2	67,1 ± 0,6	46,1 ± 2,3
18	137,0 ± 1,3	122,0 ± 3,0	153,9 ± 1,6	108,6 ± 0,8	103,0 ± 1,8	62,6 ± 2,1	104,6 ± 0,6	78,6 ± 2,8
21	161,4 ± 1,6	110,0 ± 5,7	165,6 ± 0,3	139,3 ± 0,6	114,3 ± 4,3	77,5 ± 1,6	136,3 ± 2,5	108,6 ± 3,9
24	168,0 ± 0,9	55,3 ± 3,1	89,9 ± 1,3	169,4 ± 1,6	141,3 ± 7,2	117,6 ± 2,3	99,6 ± 1,4	151,7 ± 3,7
27	159,8 ± 0,3	15,3 ± 0,9	Spuren	68,4 ± 1,4	168,1 ± 1,4	153,1 ± 3,0	111,3 ± 1,8	145,0 ± 3,4
30	114,3 ± 3,6	—	—	14,5 ± 0,6	148,0 ± 5,1	63,2 ± 3,9	101,8 ± 3,7	88,1 ± 4,3
33	25,6 ± 2,8	—	—	—	105,6 ± 4,4	11,1 ± 0,3	96,2 ± 2,8	58,6 ± 0,6
36	Spuren	—	—	—	Spuren	—	Spuren	—
39	—	—	—	—	—	—	—	—
Anzahl der Tage	18	20	16	17	6	4	5	4

Tabelle 15

Trockengewicht in Milligramm

Temperatur °C	Absidia spinosa	Cladosporium herbarum	Cylindrocarpon didymum	Penicillium expansum	Pyronema confluens	Trichoderma lignorum A	Trichoderma lignorum B	Rhizoctonia solani
3	Spuren	510,6 ± 56	11,9 ± 1,2	249,6 ± 12	—	—	—	Spuren
6	Spuren	689,5 ± 65	59,2 ± 4,5	265,1 ± 16	—	—	—	Spuren
9	2,7 ± 0,7	824,6 ± 66	136,8 ± 6,9	326,5 ± 22	5,4 ± 0,9	51,9 ± 1,8	23,1 ± 2,2	16,2 ± 2,5
12	3,6 ± 0,6	1001,0 ± 52	292,8 ± 34	354,0 ± 25	12,2 ± 1,8	84,0 ± 4,1	95,8 ± 3,7	23,2 ± 2,7
15	3,9 ± 0,7	1267,3 ± 50	446,4 ± 27	390,4 ± 26	98,4 ± 5,3	93,9 ± 2,4	118,7 ± 4,6	78,1 ± 8,1
18	4,2 ± 0,8	1393,3 ± 40	469,2 ± 43	473,4 ± 15	223,4 ± 9,2	98,2 ± 3,1	106,6 ± 3,4	250,1 ± 21
21	5,8 ± 0,7	1407,4 ± 30	665,7 ± 46	532,6 ± 18	309,0 ± 16	99,6 ± 6,0	108,4 ± 2,3	370,2 ± 23
24	18,8 ± 1,2	1492,3 ± 44	626,0 ± 39	599,3 ± 21	346,0 ± 31	87,0 ± 4,1	102,7 ± 4,5	466,1 ± 45
27	40,7 ± 5,8	484,5 ± 32	158,1 ± 21	649,5 ± 34	448,4 ± 21	70,7 ± 3,9	92,2 ± 4,6	765,2 ± 25
30	15,1 ± 3,7	5,0 ± 0,8	3,6 ± 0,9	198,9 ± 19	404,5 ± 19	38,0 ± 1,6	94,0 ± 3,1	667,5 ± 18
33	2,0 ± 0,3	4,6 ± 0,7	Spuren	2,9 ± 0,6	98,3 ± 4,2	—	72,8 ± 2,8	487,2 ± 22
36	Spuren	3,8 ± 0,8	Spuren	Spuren	—	—	—	Spuren
39	—	—	—	—	—	—	—	—

b) Ergebnisse

Die Ergebnisse auf festem Nährboden sind in Tabelle 14 (15. Versuch), die Ergebnisse in flüssigem Nährboden in Tabelle 15 (16. Versuch) zusammengestellt. Um einen Vergleich zu ermöglichen, sind alle Ergebnisse unmittelbar nebeneinander in den folgenden graphischen Darstellungen wiedergegeben. Die Besprechung der Ergebnisse erfolgt gemeinsam (Abb. 11—18).

Das Wachstum auf festem Nährboden war bei den einzelnen verwendeten Pilzen sehr ungleich. So wächst z. B. *Trichoderma lignorum*

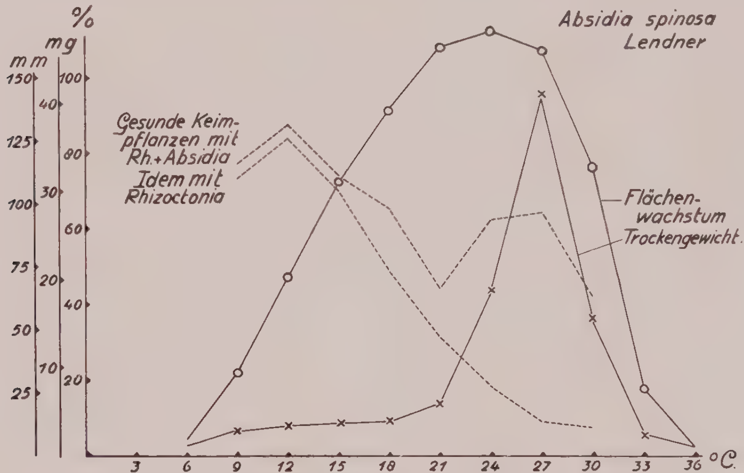


Abb. 11

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Absidia spinosa* Lendner und auf den Antagonismus dieses Pilzes in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn.

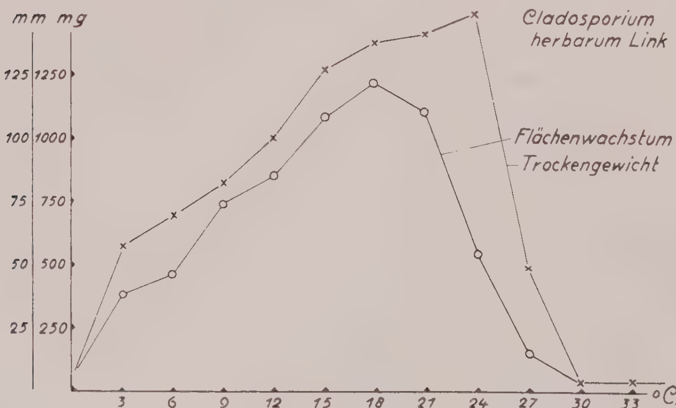


Abb. 12

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Cladosporium herbarum* Link.

außerordentlich schnell, *Cylindrocarpon didymum* dagegen recht langsam. Ebenso liegen bei der Kultur auf flüssigen Nährböden außerordentliche Unterschiede vor. Bei *Cladosporium* z. B. bildete sich eine Haut auf der Flüssigkeit, die bei günstiger Temperatur sehr dick war und ein Trockengewicht von mehr als 1 g hatte; bei *Absidia* aber verbreitete sich das Myzel durch die ganze Flüssigkeit hindurch, und obgleich bei optimaler Temperatur die Lösung durch den Pilz völlig getrübt war, stellte das

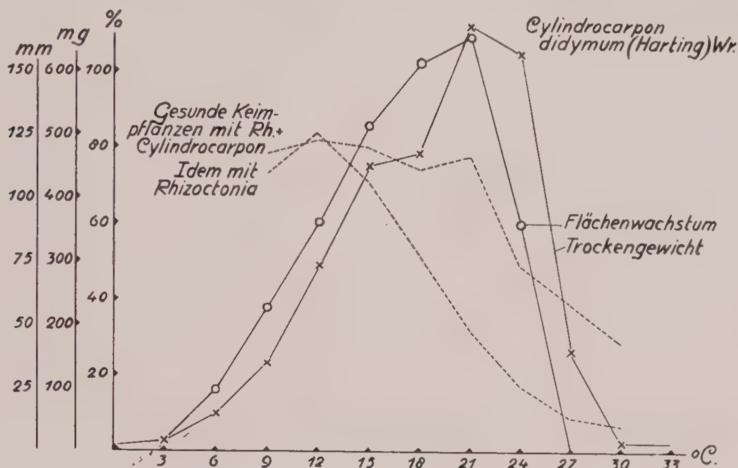


Abb. 13

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Cylindrocarpon didymum* (Harting) Wr. und auf den Antagonismus dieses Pilzes in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn.

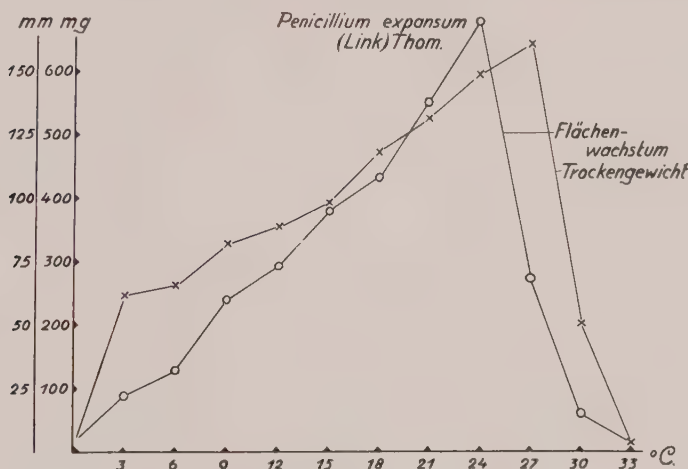


Abb. 14

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Penicillium expansum* (Link) Thom.

Trockengewicht sich da nur auf 40 mg. Die Trockengewichte der anderen Pilze lagen zwischen diesen beiden Werten.

Wenn wir die Ergebnisse der Versuche auf festem Substrat mit denen in flüssigem Substrat vergleichen (Abb. 11—18), so sehen wir, daß die gefundenen Maxima, Optima und Minima nicht immer völlig übereinstimmen. Diese Tatsache, welche auch von anderen Autoren festgestellt ist (Roth, 1935; Anliker, 1935; Défago, 1935; Krebs, 1936) braucht nicht Wunder zu nehmen, wenn man bedenkt, daß erstens bei beiden Methoden

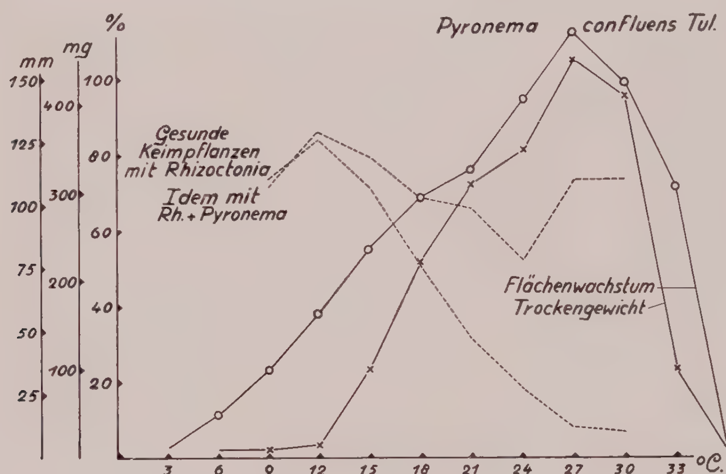


Abb. 15

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Pyronema confluens* Tul. und auf den Antagonismus dieses Pilzes in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn.

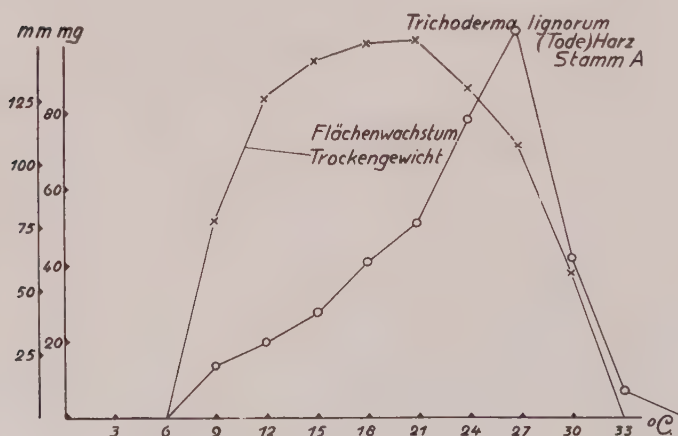


Abb. 16

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz Stamm A.

verschiedene Größen gemessen wurden und daß zweitens die Nährböden nicht die gleichen waren. Wesentliche Unterschiede traten aber fast nicht zu Tage, wie aus den Kurven hervorgeht; bei den Pilzen *Cladosporium*, *Cylindrocarpon*, *Penicillium*, *Pyronema*, *Trichoderma* Stamm B und *Rhizoctonia* verlaufen die beiden Kurven ungefähr parallel. Beim Betrachten der Tabellen muß darauf geachtet werden, daß zwischen den verschiedenen Versuchstemperaturen immer ein Intervall von 3° C liegt. Wenn wir sehen, daß *Absidia* den höchsten Wert für das lineare Wachstum bei 24° C zeigt, die bei 21° und 27° C gefundenen Werte also niedriger sind, so soll das nicht heißen, daß bei 24° C das absolute Optimum liegt; bei kleineren Tem-

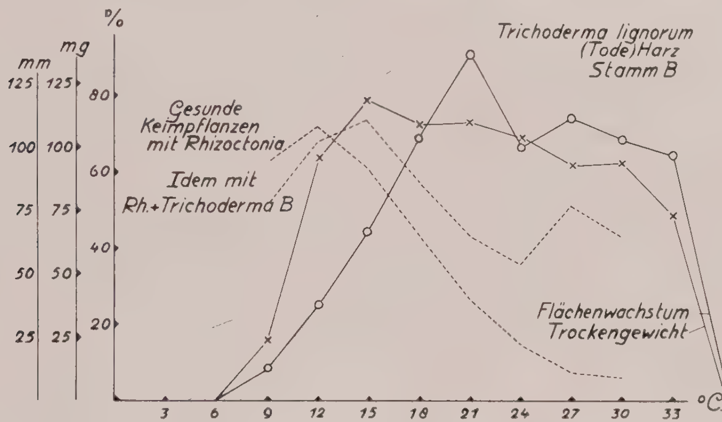


Abb. 17

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum und das Trockengewicht von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz Stamm B und auf den Antagonismus dieses Pilzes in bezug auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn.

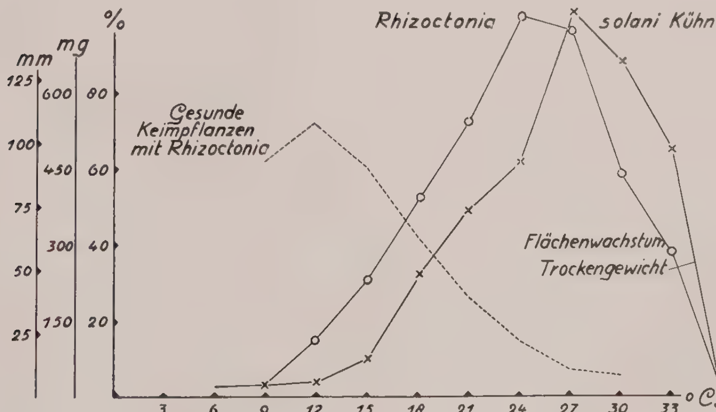


Abb. 18

Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum, das Trockengewicht und die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn.

peraturintervallen hätten wir vielleicht bei 22°, 23°, 25° oder 26° C einen höheren Wert als bei 24° C. Wenn also nach der einen Methode 24°, nach der anderen 27° C als Optimum gefunden wird, ist es also trotzdem möglich, daß das absolute Optimum für beide das gleiche ist. Auch ist die optimale Temperatur nicht immer eng begrenzt; sie kann sich auf ein größeres Gebiet erstrecken (Tanja, 1933; De Haan, 1937).

In der Tabelle 16 sind die Temperaturmaxima, -optima und -minima der verschiedenen Pilze, wie sie nach den beiden Methoden festgestellt worden sind, zusammengefaßt.

Tabelle 16

Pilz	Flächenwachstum (fester Nährboden)			Trockengewicht (flüssiges Nährmedium)		
	Maximum °C	Optimum °C	Minimum °C	Maximum °C	Optimum °C	Minimum °C
Absidia	36	24	6	36	27	3
Cladosporium	27	15—21	0	36	15—24	3
Cylindrocarpon	27	21	3	36	21—24	3
Penicillium	30	24	3	36	18—27	3
Pyronema	36	27	3	33	21—30	9
Trichoderma A	33	27	9	30	12—27	9
Trichoderma B	36	21 (—33)	9	33	15—30	9
Rhizoctonia	33	24—27	9	36	27	3

Im einzelnen ist noch folgendes zu sagen:

Absidia spinosa. Das Maximum, sowohl für das lineare Wachstum als für das Trockengewicht, liegt bei 36° C. Die optimale Temperatur für das lineare Wachstum liegt bei 24° C, während der Höchstertrag in Nährlösung bei 27° C gefunden wurde.

Cladosporium herbarum. Das Maximum für das lineare Wachstum liegt bei 27° C; in der Nährlösung war zwar wohl über 27° C der Ertrag plötzlich sehr gering, nur eine Spur in Vergleich zu dem Ertrag bei anderen Temperaturen, aber ein gewisses Wachstum war dennoch nachzuweisen. Das Maximum liegt daher erst bei 36° C. Das Optimum für das Flächenwachstum liegt bei 15—21° C; die zwischen diesen Temperaturen gefundenen Unterschiede sind nicht gesichert (vergl. S. 41). Für das Wachstum in flüssigem Substrat liegt das Optimum bei 15—24° C; auch hier zeigen die zwischenliegenden Werte keine gesicherten Unterschiede. Das Wachstumsoptimum für diesen Pilz erstreckt sich also über eine große Temperaturspanne.

Cylindrocarpon didymum. Das Maximum für das lineare Wachstum liegt bei 27° C, für das Wachstum in Nährlösung aber bei 36° C, obgleich das Wachstum bei einer Temperatur über 27° C sehr gering war. Das Optimum für das lineare Wachstum liegt bei 21° C, für das Trockengewicht bei 21—24° C.

Penicillium expansum. Das Optimum für das Flächenwachstum liegt bei 24° C. Der Höchstertrag in Nährlösung wurde bei 27° C gefunden; die optimale Temperatur erstreckt sich jedoch über ein größeres Gebiet, weil die Unterschiede zwischen 18—21—24—27° C nicht gesichert sind.

Pyronema confluens. Die optimale Temperatur für das Flächenwachstum und das Trockengewicht treffen hier scheinbar bei 27° C zusammen. Für das Trockengewicht erstreckt sich das Optimum über ein größeres Gebiet, weil die Unterschiede zwischen 21—24—27—30° C nicht gesichert sind.

Trichoderma lignorum Stamm A. Das Optimum für das lineare Wachstum dieses Pilzes liegt bei 27° C. Für das Wachstum in flüssigem Substrat erstreckt die optimale Temperatur sich aber über ein ziemlich großes Gebiet (12—27°); der Höchstertrag fand sich bei 21° C.

Trichoderma lignorum Stamm B. Der höchste Wert für das lineare Wachstum liegt hier bei 21°. Betrachten wir aber die Kurve, dann sehen wir, daß diese, nach einer kleinen Senkung, bis 33° C ziemlich flach verläuft. Zwischen den Werten bei 27—30—33° C besteht kein wirklicher Unterschied. Wahrscheinlich erstreckt sich die optimale Temperatur also über ein größeres Gebiet (21—33° C). Das würde auch besser den gefundenen Ergebnissen für das Wachstum in Nährlösung entsprechen; hier erstreckte sich die optimale Temperatur über 15—30° C. Es ist bekannt, daß Temperaturkurven in vielen Fällen asymmetrisch verlaufen, mit einer langsamen Steigung bis zum Optimum und einem ziemlich raschen Abfall auf das Maximum (Fischer und Gäumann, 1929, S. 198). Das Gleiche zeigt sich übrigens auch in den Kurven der anderen hier besprochenen Pilze.

Rhizoctonia solani. Das Minimum für das Flächenwachstum liegt hier bei 9° C, für das Trockengewicht bei 3° C, obgleich es auch bei 6° C noch äußerst gering und nicht meßbar war. Die Maximaltemperatur für das lineare Wachstum liegt bei 33° C; bei dem Wachstum in Nährlösung ließ sich dann noch eine sehr kleine, nicht meßbare Entwicklung beobachten. Das Optimum liegt für das Flächenwachstum bei 24—27° C, für das Trockengewicht bei 27° C. Dies stimmt mit den Angaben verschiedener Forscher über *Rhizoctonia solani* überein (Optimum nach Richards 25—27° C; nach K. O. Müller 24,8—26,7° C; nach Gratz zwischen 22° C und 26° C, zitiert nach Braun, 1930).

C. Einfluß von *Rhizoctonia solani* Kühn und seinen Kombinationen mit nicht parasitischen Bodenpilzen auf Keimung und Keimpflanzen

Um den Einfluß der Temperatur auf den Antagonismus zu untersuchen, wurden Versuche in Kristallisierschalen mit Erde angestellt.

Diese Erde war vorher mit Formaldehydlösung nach folgendem von Roth 1935 beschriebenen Verfahren desinfiziert: „6 kg annähernd lufttrockener, grob gesiebter Rohboden wurden in einem glasierten Steinguttrog mit rund 2,1 Liter Leitungswasser unter Zusatz von 10 ccm gesättigter

Formaldehyd-Lösung angefeuchtet, gut vermischt und bedeckt zwei Tage stehen gelassen." — „Die Trocknung erfolgte bei maximal 50° C auf Drahtgittern im Trockenschrank, wobei auch der Formaldehydzusatz verdampfte. Der lufttrockene Boden wurde zerstampft und war nach Siebung (3 mm) versuchsbereit". In jede Schale von ca. 20 cm Durchmesser und 10 cm Höhe wurde dann 500 ccm Boden gebracht, wodurch eine Schicht von ca. 1,5 cm Höhe gebildet wurde, und 150 ccm steriles Wasser zugefügt. Dann wurden die Pilze darin geimpft, etwas Erde darüber ausgestreut (15 ccm je Schale) und schließlich die Samen darin ausgesät.

Als Infektionsmaterial wurden Pilzkulturen in Nährlösungen verwendet. Nachdem die Pilze 14 Tage bei 24° C darauf gewachsen waren, wurden sie filtriert, fein zerschnitten, in 20 ccm sterilem Wasser suspendiert und damit über den Boden verteilt. Dann wurden sie mit einer dünnen Schicht Erde überdeckt. Bei dieser Infektionsmethode wurde verhindert, daß sowohl Nährstoffe als auch Abbauprodukte mit dem künstlichen Nährsubstrat dem Boden zugefügt wurden.

Die Samen wurden mit einer $^1/_8$ prozentigen Ceresanlösung während $^1/_2$ Stunde desinfiziert und dann wiederholt mit sterilem Wasser abgespült. In jede Schale wurden 100 Samen ausgesät.

Die Schalen wurden mit Glasplatten abgedeckt. Über den Rand der Schalen wurden einige ca. 1 mm dicke gebogene Drahtstückchen gehängt, wodurch die Glasplatte etwas höher lag und einige Ventilation möglich war. Die Schalen fanden in beleuchteten Thermostaten der verschiedenen Temperaturen Aufstellung. Als Temperaturen wurden 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27 und 30° C verwendet. Wie aus den Versuchen 15 und 16 hervorgeht, wachsen die meisten Pilze unter 9° C überhaupt nicht *(Trichoderma)* oder doch kaum *(Absidia, Pyronema)*. Auch *Rhizoctonia* zeigt unter 9° C nur ein mäßiges Wachstum. Flächenwachstum trat gar nicht auf und in Nährlösung nur Spuren; bei diesen Temperaturen war also kein Befall und auch kein Antagonismus zu erwarten. Darum wurde bei diesem Versuch 9° C als niedrigste Temperatur gewählt. Es stellte sich aber heraus, daß auch bei dieser Temperatur noch kein Befall auftrat. Die höchste Temperatur war 30° C. Noch höhere Temperaturen hatten, wie wir gesehen haben, einen schädigenden Einfluß auf die Entwicklung der Keimlinge.

Ehe die Schalen in die Thermostaten gestellt wurden, wurden sie gewogen. Während des Versuches wurden diese Gewichte täglich kontrolliert, und ein durch Verdunstung entstandener Gewichtsverlust wurde durch Zufügen von Wasser wieder angefüllt. Auf diese Weise wurde der Feuchtigkeitsgehalt des Bodens möglichst konstant gehalten. Durch das Abdecken der Schalen mit Glasplatten, wobei ein enger Spalt offen blieb, erfuhr auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft kaum eine Veränderung.

Die Keimung der Samen und das Auftreten von befallenen Pflänzchen wurde regelmäßig kontrolliert.

Um die Resultate dieses Versuches, d. h. den Einfluß der Temperatur auf den Antagonismus der hier untersuchten Pilze in bezug auf den *Rhizoctonia*-Befall richtig einzuschätzen, war es erwünscht, bei den verschiedenen Temperaturen Keimpflänzchen im gleichen Entwicklungsstadium miteinander zu vergleichen. Dazu ist der Zeitpunkt gewählt, wo die Keimpflänzchen im 14. Versuch eine Länge von 5 cm erreicht hatten. Zwar wurden im 14. Versuch die Samen auf Tonplatten gelegt und bei diesem Versuch in Erde; angenommen wurde aber, daß die im 14. Versuch erhaltenen Angaben auch hier einen relativen Wert haben würden; in derselben Zeit, in welcher die Pflänzchen auf Tonplatten bei den verschiedenen Temperaturen 5 cm lang geworden waren, würden sie sich wahrscheinlich auch in Erde einander gleich entwickelt haben, wenn sie auch nicht gerade eine Länge von 5 cm erreicht hätten.

17. Versuch (Tabelle 17; Abb. 11, 13, 15, 17—20)

Der folgende Versuch behandelt den Einfluß von *Rhizoctonia solani* für sich und in Kombination mit 4 anderen Pilzen. Er umfaßt folgende 6 Versuchsreihen:

1. Kontrolle,
2. *Rhizoctonia*,
3. *Rhizoctonia* + *Absidia*,
4. *Rhizoctonia* + *Cylindrocarpon*,
5. *Rhizoctonia* + *Pyronema*,
6. *Rhizoctonia* + *Trichoderma* Stamm B.

Der Versuch wurde zweimal durchgeführt. Im Hinblick auf die Übereinstimmung der Ergebnisse beider Versuche können wir uns auf die Wiedergabe des zuerst durchgeführten Versuches beschränken. Die Ergebnisse sind in Tabelle 17 enthalten und in Abb. 11, 13, 15, 17 und 18

Tabelle 17

Temperatur	Kontrolle		Rhizoctonia		Rhizoctonia + Absidia		Rhizoctonia + Cylindrocarpon		Rhizoctonia + Pyronema		Rhizoctonia + Trichoderma B	
	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen	Totale Keimlingszahl	Anzahl gesunde Pflänzchen
°C	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
9	68	68	63	63	67	67	68	68	61	61	52	52
12	88	88	75	72	87	75	73	71	77	73	69	68
15	75	75	77	61	78	64	79	69	75	68	79	74
18	82	82	73	43	82	56	77	64	77	59	80	57
21	79	79	63	27	78	38	88	67	79	56	74	44
24	81	81	68	15	72	53	69	42	65	44	65	36
27	84	84	64	7	67	55	70	33	77	63	71	51
30	62	62	56	6	63	36	64	25	80	63	60	43

graphisch mit den Ergebnissen der Versuche in Vergleich gesetzt, in denen das Wachstum der Pilze auf festem Nährboden und in flüssigem Medium geprüft wurde.

Um die Wirkung der Kombinationen mit reinem *Rhizoctonia*-Befall besser vergleichen zu können, sind die Ergebnisse in den Abbildungen 19 und 20 nochmals übersichtlich zusammengestellt.

Aus Abb. 19 geht hervor, daß in allen Reihen der Keimerfolg bei 9 ° C geringer ist als bei höheren Temperaturen. In der Kontrollreihe verläuft die Keimung dann mit mehr oder weniger starken Schwankungen ziemlich gleichmäßig bis einschließlich 27 ° C. Bei 30 ° C tritt ein Rückgang des Keimerfolges ein, welchen wir auch in den anderen Reihen finden, mit Ausnahme der Reihe *Rhizoctonia + Pyronema*.

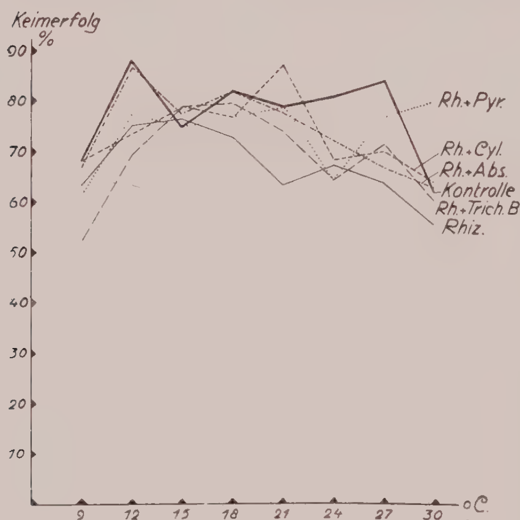


Abb. 19

Einfluß von *Rhizoctonia solani* Kühn, einzeln und kombiniert mit anderen Pilzen, auf die Keimung von *Brassica chinensis* L. „Lungbok" bei verschiedenen Temperaturen.

Während im Keimerfolg nur verhältnismäßig geringe Unterschiede zwischen Kontrolle und mit *Rhizoctonia* infizierten Versuchsgefäßen vorliegen, ist die Wirkung der Impfung auf die Zahl der gesunden Keimpflanzen (Abb. 20) unverkennbar.

Im einzelnen ist folgendes zu sagen:

a) Impfung mit *Rhizoctonia* allein.

Ganz allgemein finden wir als Erfolg der Impfung eine Schädigung der Versuchspflanzen. Diese macht sich im Keimerfolg nur verhältnismäßig schwach bemerkbar, jedoch steigt die Zahl der erkrankten Pflänzchen über 15 ° C so stark an, daß bei 27—30 ° C nur noch wenige gesunde Pflänzchen vorhanden sind. Hohe Temperatur fördert also den Parasitismus von *Rhizoctonia* (Abb. 18). Bemerkenswert scheint, daß das Wachstumsoptimum von *Rhizoctonia* ebenfalls bei hohen Temperaturen liegt.

b) Kombinationen.

Bei den infizierten Reihen ist der Keimerfolg ziemlich gleichmäßig bis einschließlich 21 ° C; nur bei der *Rhizoctonia*-Reihe geht die Keimung von 18 ° C an zurück. Hier sehen wir also einen antagonistischen Einfluß der anderen Pilze bei 18 ° und 21 ° C. Bei 24 ° und 27 ° C zeigt aber die Keimzahl auch in den Kombinationsreihen einen Rückgang, also

gerade bei jenen Temperaturen, bei welchen das Wachstum von *Rhizoctonia solani* optimal ist. Unter optimalen Wachstumsbedingungen ist also der Parasitismus von *Rhizoctonia* in bezug auf die Samen dem Antagonismus der anderen Pilze überlegen. In dieser Beziehung bildet *Pyronema confluens* eine Ausnahme, welcher Pilz in Kombination mit *Rhizoctonia* bei 24 ° C wohl einen Rückgang der Keimzahl, aber bei 27 ° C (das ist die optimale Temperatur für das Flächenwachstum dieses Pilzes) wieder eine Steigung zeigt. Hier ist also *Pyronema* der kräftigere.

Der gesamte antagonistische Effekt der verschiedenen Pilze, d. h. das Resultat ihrer antagonistischen Wirkung auf den Befall von Samen und von Keimpflänzchen, findet sich in Abbildung 20 und auch in den Abb. 11, 13, 15, 17 und 18. In diesen Abbildungen ist die Anzahl gesunder Pflänzchen jeder Reihe im gleichen Entwicklungsstadium wiedergegeben. Diese Anzahl gesunder Pflänzchen kann als Maß für den Antagonismus bezeichnet werden.

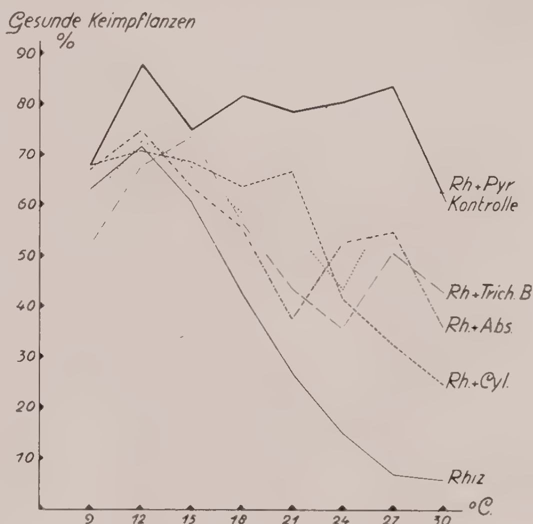


Abb. 20
Einfluß der verschiedenen Pilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn bei verschiedenen Temperaturen.

Bei 9 ° stimmt die Zahl der gesunden Pflänzchen in allen Reihen mit der Zahl der gekeimten überein, und es trat überhaupt kein Befall auf. Auch bei 12 ° C kann man eigentlich kaum von Antagonismus reden. Erst bei 15 ° C läßt sich Antagonismus in mehr oder weniger starkem Maße beobachten; bei höheren Temperaturen ist er in allen Kombinationsreihen sehr deutlich erkennbar.

Wenn wir die Ergebnisse dieses Versuches mit den früher bestimmten Wachstumskurven der verschiedenen Pilze vergleichen, so sehen wir folgendes:

Rhizoctonia + *Absidia* (Abb. 11). Bei dieser Kombination nimmt die Zahl der gesunden Pflänzchen ab bei Steigung der Temperatur bis zu 21 ° C. Antagonismus ist aber wohl merkbar: die Zahl der gesunden Pflänzchen ist merkbar größer als in der *Rhizoctonia*-Reihe. Bei 24 ° C und 27 ° C tritt der Antagonismus viel deutlicher an den Tag. Während die Zahl der gesunden Pflänzchen in der *Rhizoctonia*-Reihe bei dieser Temperatur noch immer abnimmt, nimmt sie in der Kombination mit *Absidia* zu. Wir sehen, daß diese Zunahme der antagonistischen Tätigkeit

zusammenfällt mit der optimalen Temperatur des Antagonisten. Nach 27° C setzt wieder ein Rückgang ein.

Rhizoctonia + *Cylindrocarpon* (Abb. 13). Die Anzahl gesunder Pflänzchen ist hier ziemlich konstant bis zu 21° C. Nach 21° C erfolgt dann eine deutliche Abnahme in der Anzahl gesunder Pflänzchen. Man sieht, daß auch hier eine Übereinstimmung zwischen dem besonders für das lineare Pilzwachstum günstigen Temperaturgebiet und demjenigen, wo die antagonistische Wirksamkeit maximal ist, besteht. Jedoch ist auch bei anderen Temperaturen ein deutlicher Antagonismus bemerkbar, da die Kurve von *Rhizoctonia* allein stets unter den Kombinationen blieb.

Rhizoctonia + *Pyronema* (Abb. 15). Die Anzahl gesunder Pflänzchen geht bei den Temperaturen von 15—24° C zurück, aber nur langsam, so daß ein deutlicher Antagonismus bemerkbar ist. Bei 27° und 30° C ist der Antagonismus überaus deutlich. Auch bei *Pyronema* stimmen die günstigen Temperaturen für Antagonismus und Wachstum überein.

Rhizoctonia + *Trichoderma* Stamm B (Abb. 17). Weniger klar erwies sich der Zusammenhang zwischen Wachstum und antagonistischer Wirksamkeit bei *Trichoderma* Stamm B. In dieser Kombinationsreihe ging die Zahl der gesunden Pflänzchen bei Steigerung der Temperatur bis zu 24° C langsam zurück, ohne daß der Antagonismus verloren ging. Bei 27° C nahm die antagonistische Wirksamkeit zu, um bei 30° C etwas nachzulassen. Bei *Trichoderma* B ist kein deutlicher Zusammenhang zwischen den Temperaturgebieten für optimales Wachstum und maximalen Antagonismus zu beobachten. Während das Gebiet für günstiges Wachstum sich bei diesem Pilz über eine ziemlich große Temperaturspanne erstreckt, liegt dasjenige für maximale antagonistische Wirksamkeit offenbar bei 27° C.

Aus den Resultaten dieses Versuches ist also hervorgegangen, daß im allgemeinen die antagonistische Wirksamkeit der hier besprochenen Pilze am stärksten bei denjenigen Temperaturen ist, welche das Wachstum dieser Pilze am kräftigsten fördern.

3. Kapitel

Versuche mit Filtraten der verschiedenen Pilze

Verschiedene Forscher sind der Meinung und haben auch nachweisen können, daß das antagonistisch wirksame Agens einiger Pilze eine Funktion ist, welche an den lebenden Organismus gebunden ist, sei es, daß Konkurrenz in bezug auf die vorhandenen Nährstoffe (Busse, Peters und Ulrich, 1911; Hartley, 1921; Millard und Taylor, 1927; Henry, 1931; u. a.) oder aber Epiparasitismus (Weindling, 1932, 1934) als Ursache angenommen werden. Von anderer Seite wird an Wirkungen chemischer Art, z. B. von Enzymen, Toxinen, schädlichen Abbauprodukten gedacht (Hartley, 1921; Sanford und Broadfoot, 1931; u. a.). Auch Fawcett (1936) weist in seinem Buch über Citruskrankheiten darauf

hin (S. 67—70), daß Förderung oder Unterdrückung einer Krankheit, welche von einem Gemisch von Organismen hervorgerufen wird, in vielen Fällen wahrscheinlich mit der Kombination der vorhandenen Enzyme und ihrer Wirksamkeit zusammenhängt, die entweder Nährmaterial für das Wachstum zugänglich machen oder aber hemmende oder fördernde Stoffe erzeugen.

In den letzten Jahren sind zahlreiche Untersuchungen über diese Seite der Antagonismusfrage veröffentlicht worden. Weindling gab 1938 eine umfassende Übersicht über die auf diesem Gebiete erschienene Literatur.

Um zu untersuchen, ob auch bei den hier bearbeiteten Pilzen Toxine gebildet wurden, sind einige kleinere Versuche mit Filtraten von diesen Pilzen gemacht worden. Es ist nachgewiesen, daß Toxine nicht immer thermostabil sind. Haenseler und Allen (1934) haben gesehen, daß ein Filtrat von *Trichoderma*, worin *Rhizoctonia* und *Pythium* abgetötet wurden, seine toxischen Eigenschaften ganz und gar verloren hatte, nachdem es während 10 Minuten bei 80° C erhitzt worden war. Weil die Möglichkeit vorhanden war, daß auch hier eventuell gebildete Toxine nicht thermostabil wären, wurde von vornherein nicht mit Dekokten, sondern nur mit Filtraten gearbeitet.

A. Methodisches

Um die Filtrate der Pilze zu erhalten, wurden diese in Nährlösung gezüchtet. Von dieser Lösung wurde je 30 ccm in Erlenmeyerkolben von 100 ccm pipettiert, die dann während $^1/_2$ Stunde bei $1^1/_2$ Atm. sterilisiert und schließlich beimpft wurden. Als die Pilze 14 Tage in einem Thermostaten von 24° C gewachsen waren, wurden sie durch einen Seitz-Filter filtriert (Filter: Entkeimungs-Schichten „Seitz-E. K.“, Größe 6). Um ihre Sterilität zu prüfen, wurden von diesen Filtraten einige Ösen auf Agarplatten ausgestrichen.

Um die beabsichtigten Versuche mit Keimpflanzen möglichst optimal zu gestalten, wurde eine Nährlösung gesucht, welche sowohl für das Pilzwachstum als für die Keimpflänzchen günstig war. Zu diesem Zweck wurden folgende Nährlösungen geprüft: Knopsche Lösung + $^1/_2$% Glukose; Nährlösung nach Richards; nach Weindling (1934); und nach Allen und Haenseler (1935); dann noch eine von mir modifizierte Richardssche und eine von mir modifizierte Weindlingsche Lösung. Die Richardssche Lösung enthält 10 g KNO_3 je Liter (also 1,39 g Stickstoff). Diese wurde so modifiziert, daß sich in dieser Lösung 2 g Stickstoff befanden, die eine Hälfte als Nitrat, die andere Hälfte als Ammoniak, so daß auch eventuell ammoniakliebende Pilze darin wachsen konnten. Die Lösung enthielt also $^1/_2$ g Stickstoff als KNO_3, $^1/_2$ g als $(NH_4)_2SO_4$ und 1 g als NH_4NO_3. Neben der Lösung von Weindling, welche Baktopepton enthält, wurde eine Lösung zusammengestellt, welche statt Baktopepton die gleichen Stickstoffverbindungen enthielt wie die modifizierte Richardssche Lösung.

Zwischen diesen beiden Lösungen gab es also nur einen Konzentrationsunterschied in bezug auf einige Komponenten. In der Tabelle 18 findet sich die Zusammenstellung der Lösungen.

Tabelle 18

	Knop + $^1/_2$ % Glukose [1])	Allen und Haenseler	Richards	Richards modifiziert	Weindling	Weindling modifiziert
Wasser	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Glukose	5	40	50	50	25	25
Baktopepton	—	—	—	—	2	—
Asparagine	—	2	—	—	—	—
$Ca(NO_3)_2$	1	—	—	—	—	—
KNO_3	—	—	10	3,61	—	3,61
NH_4NO_3	—	—	—	2,86	—	2,86
$(NH_4)_2SO_4$	—	—	—	2,36	—	2,36
KH_2PO_4	0,25	—	5	5	2	2
K_2HPO_4	—	0,5	—	—	—	—
KCl	0,12	—	—	—	—	—
$MgSO_4$	0,25	—	2,5	2,5	1	1
$FeCl_3$	Spur	—	0,02	0,02	0,01	0,01

Die Pilze wurden in Röhrchen mit einer Flüssigkeitssäule von 10 cm Höhe geimpft. Nach 8 Tagen wurde das Wachstum kontrolliert. Es stellte sich heraus, daß die Pilze in allen sechs Lösungen gewachsen waren: am besten in der Knopschen + $^1/_2$ $^0/_0$ Glukose, in der Weindlingschen und in der modifizierten Weindlingschen Lösung.

Weiter wurde untersucht, ob die Samen auf diesen verschiedenen Lösungen keimten, und die Keimpflänzchen darauf wachsen könnten. Von jeder Lösung wurde eine Reihe von 5 Röhrchen (mit 9 ccm Sand und 3 ccm Lösung) aufgestellt, jedes mit 5 Samen, also 25 Samen im ganzen. Als Kontrollreihe stand daneben eine Reihe mit je Röhrchen 3 ccm Leitungswasser statt Nährlösung.

Von den geprüften Lösungen mußten die Lösungen nach Allen und Haenseler, nach Richards Original und nach Richards modifiziert ausgeschaltet werden, weil keine oder fast keine Keimung auftrat. Bei Weindling Original und Weindling modifiziert lagen ebenfalls noch deutliche Keimverzögerungen und Keimschäden vor. Einwandfreie Ergebnisse brachte nur die Knopsche Nährlösung + $^1/_2$ $^0/_0$ Glukose, wo fast sämtliche Samen keimten und zu besonders kräftigen Pflänzchen auswuchsen. Da auf dieser Lösung auch die Pilze sehr gut gediehen, wurde sie für die vergleichenden Versuche gewählt.

Die weitere Methodik war verschieden, je nachdem ob der Einfluß der Filtrate auf das Wachstum von Pilzen oder auf die Entwicklung der Keimlinge geprüft wurde.

[1]) Bei der Herstellung dieser Lösung wurden die Glukose und das $Ca(NO_3)_2$ immer einzeln aufgelöst und erst dann der übrigen Lösung zugefügt.

Im ersten Fall wurden Flüssigkeiten in Reagenzgläsern verwendet; als Kontrolle dienten sterile Knopsche Lösung + $^1/_2$ % Glukose. Die Prüfung auf Hemmung bzw. Stimulation durch Filtrate erfolgte in steigenden Verdünnungen, indem $^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_4$ bis $^1/_{32}$ Filtrat mit den entsprechenden Mengen ebenfalls steriler Knopscher Nährlösung + $^1/_2$ % Glukose versetzt wurde. Aufgefüllt wurde stets bis auf 10 cm Höhe. Die fertiggestellten Röhrchen wurden in üblicher Weise beimpft und in Thermostaten bei 24° C aufgestellt. In einem Versuch (19), in dem es auf das makroskopische und mikroskopische Wachstumsbild der Pilze ankam, wurden Erlenmeyerkolben von 100 ccm Inhalt benutzt, die in entsprechender Weise mit je 25 ccm der unverdünnten Filtrate gefüllt wurden.

Bei der Prüfung der Filtratwirkung auf Keimung und Keimlingsentwicklung wurden Röhrchen mit 9 ccm trockenem Sand während $1^3/_4$ Atm. im Autoklaven sterilisiert. Dann wurde das durch Seitzfilter gewonnene Filtrat mittels einer sterilen Pipette zugegeben und nach Impfung mit *Rhizoctonia* jedes Mal 5 ebenfalls sterilisierte Samen (siehe oben) hineingelegt.

B. Einfluß der Filtrate einiger nicht parasitischer Pilze auf das Wachstum von *Rhizoctonia solani* Kühn

18. Versuch (Abb. 21—23)

Verwendet wurden die für den 8. und 17. Versuch gebrauchten Pilze: *Absidia*, *Cylindrocarpon*, *Pyronema* und *Trichoderma* Stamm B. Die Filtrate von *Cylindrocarpon* und *Pyronema*, besonders von *Cylindrocarpon*, waren ziemlich fettreich: an der Oberfläche bildete sich eine fettige Schicht.

In die mit Filtrat bzw. Filtratverdünnungen gefüllten Röhrchen wurde *Rhizoctonia* geimpft und die Röhrchen in einen Thermostaten bei 24° C gestellt. Das Impfmaterial wurde Pilzkulturen auf Agar in Petrischalen entnommen. Zum Teil sanken einige Impfstückchen bis auf den Boden der Röhrchen, oft schwammen sie auf der Oberfläche. Nach einigen Tagen ließen sich deutliche Wachstumsunterschiede beobachten. Diese Wachstumsunterschiede in den einzelnen Verdünnungen waren am besten in denjenigen Röhrchen zu sehen, in welchen die Impfstückchen gesunken waren und die Pilze vom Boden emporwuchsen. Abb. 21 zeigt dies deutlich. Auf dieser Abbildung sieht man das Wachstum von *Rhizoctonia* in Röhrchen mit *Absidia*-Filtrat in verschiedenen Verdünnungen. Es zeigt sich, daß das Wachstum, ausgedrückt in der Höhe der Myzelsäule, in stärkeren Verdünnungen kräftiger war als in schwächeren. Auf Abb. 21 ist diese Höhe bzw. (von links nach rechts) in unverdünntem Filtrat 19 mm: in der Verdünnung $^1/_2$ 29 mm; in der Verdünnung $^1/_4$ 35 mm: und in der Verdünnung $^1/_{32}$ 45 mm. Als diese Röhrchen photographiert wurden, war *Rhizoctonia* 15 Tage vorher darin geimpft worden. Hier konnte also leicht festgestellt werden, daß unverdünntes Filtrat von *Absidia* einen hemmenden,

jedenfalls stark verzögernden Einfluß auf das Wachstum von *Rhizoctonia* hat und daß dieser Einfluß geringer wird, je mehr das Filtrat verdünnt wird. Bei den Röhrchen, in denen die Impfstückchen nicht gesunken waren (das war bei der Mehrzahl der Fall), waren die Unterschiede auch sehr auffällig, nur ließen sie sich nicht so gut in Zahlen ausdrücken. Das Wachstum von oben nach unten ging nämlich langsamer als in umgekehrter Richtung und hörte meistens auf, wenn sich ziemlich viel Pseudo-

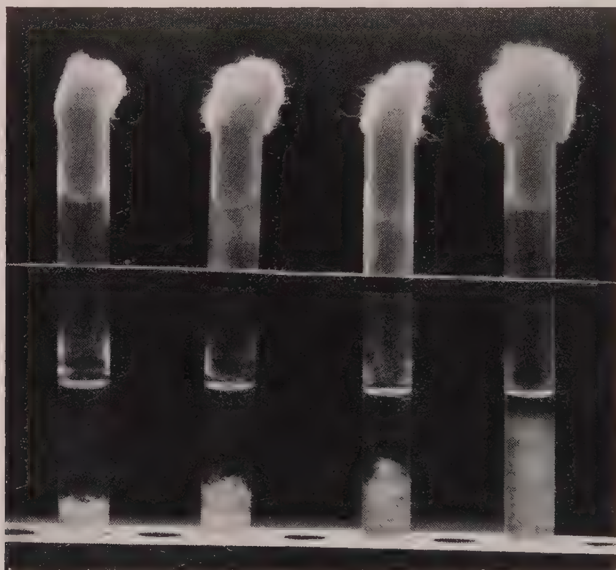


Abb. 21
Wachstum von *Rhizoctonia solani* Kühn
im Filtrat von *Absidia spinosa* Lendner nach 15 Tagen.
Von links nach rechts: Filtrat in den Verdünnungen: $^1/_1$, $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_{32}$.

sklerotien gebildet hatten. Das Myzel hatte sich oft sehr verschieden gestaltet; Pseudosklerotien wurden in den höheren Konzentrationen meistens nicht, in den niedrigeren an der Oberfläche der Flüssigkeit, hauptsächlich gegen die Glaswand der Röhrchen hin gebildet. Der Wachstumstypus des Myzels war in einer bestimmten Verdünnung sehr konstant: in allen Röhrchen einer Verdünnungsreihe entstanden fast gleichviel Pseudosklerotien. Vier Typen konnten unterschieden werden: ohne, mit wenigen, mit ziemlich vielen und mit sehr vielen Pseudosklerotien. Nach 15 Tagen lag folgendes Bild vor:

Absidia-Filtrat. In der Reihe mit unverdünntem Filtrat wurden schon einige, wenn auch nur wenige Pseudosklerotien gebildet (im unverdünnten Filtrat war das nur bei diesem Pilz der Fall), ebenso in $^1/_2$ und $^1/_4$ Verdünnung. In $^1/_8$ ziemlich viele; in $^1/_{16}$ und $^1/_{32}$ entstand ein dicker Rand von Pseudosklerotien.

Cylindrocarpon-Filtrat. Hier traten im unverdünnten Filtrat keine Pseudosklerotien auf, in den Verdünnungen $^1/_2$ und $^1/_4$ ziemlich viele, in den anderen sehr viele.

Auch bei *Pyronema*-Filtrat entstanden im unverdünnten Filtrat keine Pseudosklerotien; in der Verdünnung $^1/_2$ ziemlich viele, in den anderen sehr viele. Auf Abb. 22 ist das Wachstum von *Rhizoctonia* in $^1/_1$ und $^1/_2$ verdünntem Filtrat zu sehen. Deutlich erkennt man hier den Unterschied

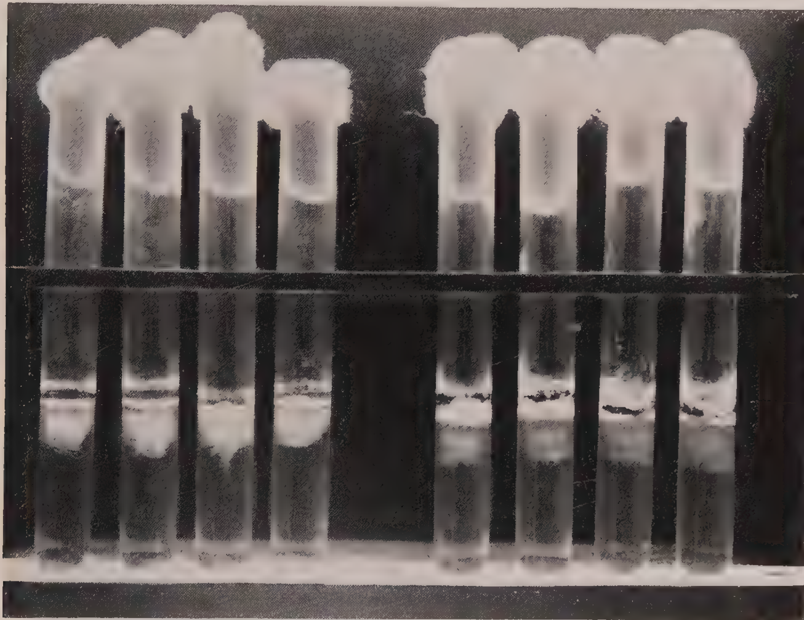


Abb. 22
Wachstum von *Rhizoctonia solani* Kühn
im Filtrat von *Pyronema confluens* Tul. nach 15 Tagen.
Links: 4 × unverdünntes Filtrat. Rechts: 4 × Verdünnung $^1/_2$.

zwischen dem unverdünnten Filtrat ohne Pseudosklerotien und dem verdünnten Filtrat, wo die dunklen Pseudosklerotien stark mit dem hellen Myzel kontrastieren. Obgleich das Wachstum nach der Höhe der Myzelsäule gemessen in den Röhrchen mit unverdünntem Filtrat und mit der Verdünnung $^1/_2$ ungefähr gleich war, war die Gestaltung des Myzels ganz verschieden. Im unverdünnten Filtrat war das Myzel kompakt und durcheinander geschlungen, mit spärlichem Luftmyzel gegen die Glaswand. Im verdünnten war das Myzel lockerer, normal, und die Hyphen waren länger; ebenfalls hatte sich dort viel mehr Luftmyzel entwickelt.

Im unverdünnten Filtrat von *Trichoderma* Stamm B entstanden auch keine Pseudosklerotien, bei der Verdünnung $^1/_2$ ziemlich viele, in den anderen Verdünnungen sehr viele. Abb. 23 zeigt das Wachstum von

Rhizoctonia in unverdünntem, 4 × verdünntem und 32 × verdünntem Filtrat. Im unverdünnten Filtrat (das eine gelbe Farbe hat), wächst *Rhizoctonia* sehr spärlich, ohne Pseudosklerotien: in beiden verdünnten Reihen ist die Pseudosklerotienbildung gleich. Eigentümlich ist es hier, daß das Myzel im 4 × verdünnten Filtrat weiter gewachsen ist als im anderen. Wahrscheinlich ist das dadurch zu erklären, daß sich in der stärkeren Verdünnung eher Pseudosklerotien bildeten, was fast immer auch das Ende

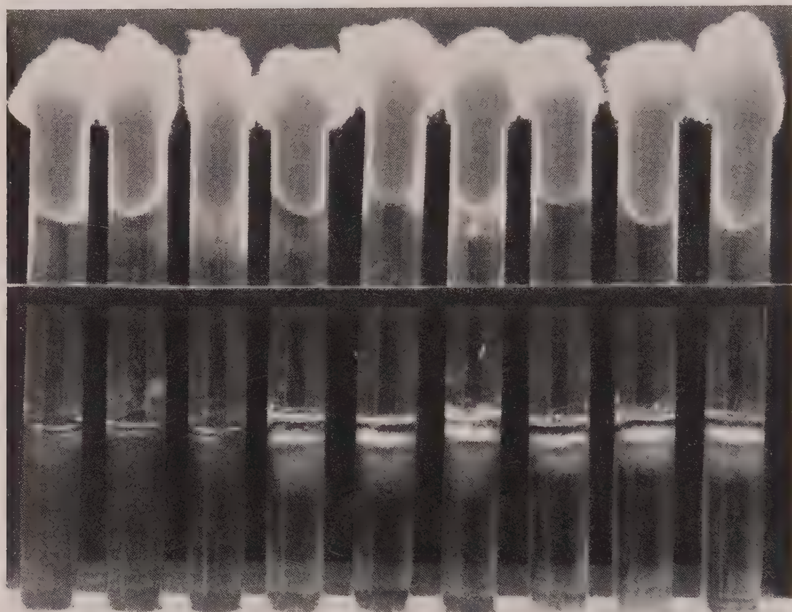


Abb. 23
Wachstum von *Rhizoctonia solani* Kühn
im Filtrat von *Trichoderma lignorum* (Tode) Harz Stamm B nach 15 Tagen.
Von links nach rechts:
3 × unverdünntes Filtrat; 3 × Verdünnung $^1/_4$; 3 × Verdünnung $^1/_{32}$.

des Tiefenwachstums bedeutet. Ob hierbei Verschlechterung der Sauerstoffzufuhr oder Erschöpfung des Myzels oder auch andere Faktoren ausschlaggebend sind, war nicht zu entscheiden.

In der Kontrollreihe (nur Knopsche Nährlösung + $^1/_2$ % Glukose) wurden sehr viele Pseudosklerotien gebildet; auch hier wuchs das gewöhnliche Myzel nicht sehr tief in die Flüssigkeit hinunter.

Auch der Einfluß der Filtrate auf die Morphologie und die Entwicklungsart von *Rhizoctonia* wurde untersucht. Aus der Literatur sind einige Beispiele bekannt, in denen ein derartiger Einfluß von Filtraten beschrieben wurde. McCormick erwähnte 1925 den stimulierenden Effekt von Pilzextrakt auf die Perithezienbildung von *Thielavia basicola* Zopf.

1928 gelang es Sibilia, die Konidienbildung von *Gloeosporium cyclaminis* Sibilia mit Filtrat von *Penicillium glaucum* Link zu stimulieren. Wilson (1927) sah eine Stimulation sowohl in bezug auf die vegetative Entwicklung als in bezug auf die Perithezienbildung von *Venturia inaequalis* (Cke.) Aderh.[1]) unter Einfluß eines *Penicillium*-Filtrates.

19. Versuch (Abb. 24 und 25)

Nachdem die eingeimpfte *Rhizoctonia* einige Zeit bei 24° C in den mit verschiedenen Filtraten beschickten Erlenmeyerkolben (siehe oben) gewachsen war, wurde die Wachstumsart makroskopisch und mikroskopisch untersucht.

Makroskopisch war das Bild des *Rhizoctonia*wachstums nach 6 Tagen folgendes:

Filtrat von
- *Absidia:* dünn flockig.
- *Cladosporium:* dünn flockig, etwas kompakter als im vorigen.
- *Cylindrocarpon:* sehr dünn, ziemlich lange Ausläufer.
- *Penicillium:* dünn flockig; noch wenig ausgewachsen.
- *Pyronema:* noch sehr wenig ausgewachsen.
- *Trichoderma* Stamm A: sehr dünn flockig; lange Ausläufer.
- *Trichoderma* Stamm B: sehr dünn flockig; lange Ausläufer.
- Kontrolle: dick flockig; beginnende Pseudosklerotienbildung.

Mikroskopisch ließ sich folgendes beobachten (siehe auch Abbildungen 24 und 25):

Pseudosklerotienbildung trat anfänglich nur in der Kontrollreihe auf (schon nach 4 Tagen); nach drei Wochen auch im Filtrat von *Cladosporium*. Nach längerer Zeit wurden schließlich auch in den anderen Reihen mit Ausnahme des *Penicillium*-Filtrates, eine größere oder kleinere Anzahl von chlamydosporenähnlichen, runden Zellen im Myzel gefunden, aus welchen auch die Pseudosklerotien aufgebaut sind. Bei der Wiederholung dieses Versuches wurden in einem Präparat einer 8 Tage alten *Rhizoctonia*-Kultur aus einem Filtrat von *Absidia* auch hier und da im Myzel derartige Zellen nachgewiesen. In einem Präparat aus einem Filtrat von *Trichoderma* Stamm B war nach 10 Tagen ein Anfang von Sklerotienbildung erkennbar. Makroskopisch waren Sklerotien dann aber, außer in der Kontrollreihe, noch nirgends zu sehen. Im *Penicillium*-Filtrat fehlten sie wiederum gänzlich, auch nach längerer Zeit.

Aus dem 18. und 19. Versuch kann man also den Schluß ziehen, daß sowohl die Wachstumsgeschwindigkeit als die Pseudosklerotienbildung bei *Rhizoctonia* in den Filtraten der obengenannten Pilze einigermaßen gehemmt oder doch mindestens verzögert wird.

---

[1]) Nach Wilson: *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.

Wir haben gesehen, daß *Rhizoctonia* in den unverdünnten Filtraten weniger gut gedeiht als in den verdünnten. Man könnte sich vorstellen, daß dies auf Erschöpfung der Nährstoffe zurückzuführen wäre; in den Verdünnungen, wo den Filtraten mehr oder weniger Nährlösung beigemischt war, konnte *Rhizoctonia* üppiger gedeihen, weil dort mehr Nährstoffe vorhanden sind.

Daß dies allein nicht die Erklärung sein kann, folgt aus der Tatsache, daß nach einiger Zeit auch in schwächeren Verdünnungen, in den Röhrchen, worin die Impfstückchen an der Oberfläche geblieben waren, mehr Pseudosklerotien auftraten. In den Röhrchen, worin die Impfstückchen gesunken waren, wuchs auch in den weniger starken Verdünnungen, bei *Absidia* auch im unverdünnten Filtrat, die Myzelsäule

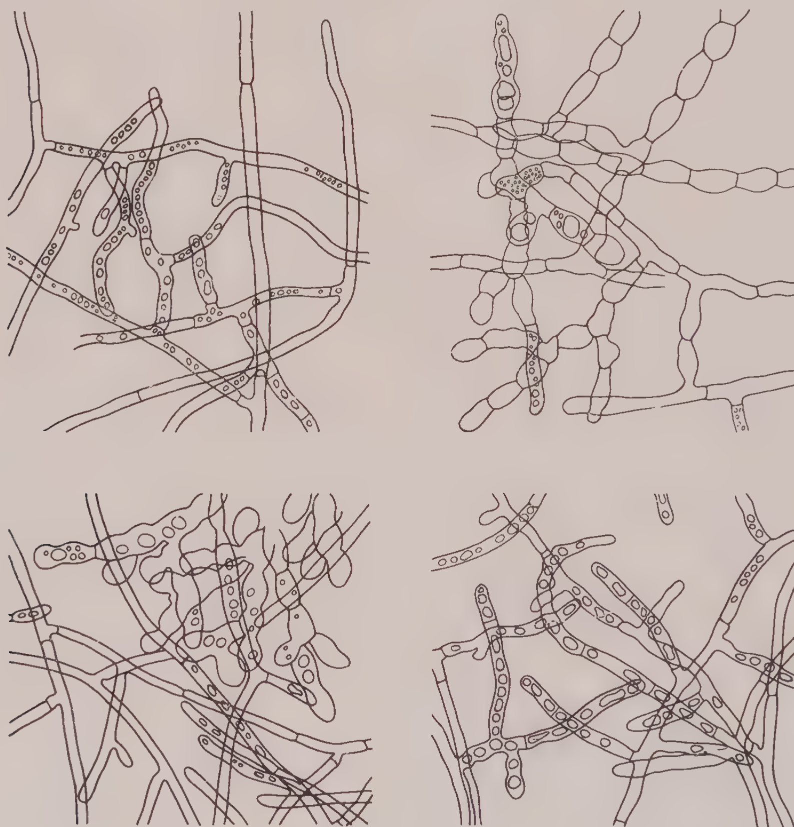


Abb. 24

Rhizoctonia solani in Filtraten verschiedener Pilze.

Links: im Filtrat von *Trichoderma lignorum* Stamm B;
oben: Kultur 6 Tage alt; unten: Kultur 10 Tage alt

Rechts: im Filtrat von *Cladosporium herbarum*;
oben: Kultur 3 Wochen alt; unten: Kultur 6 Tage alt.

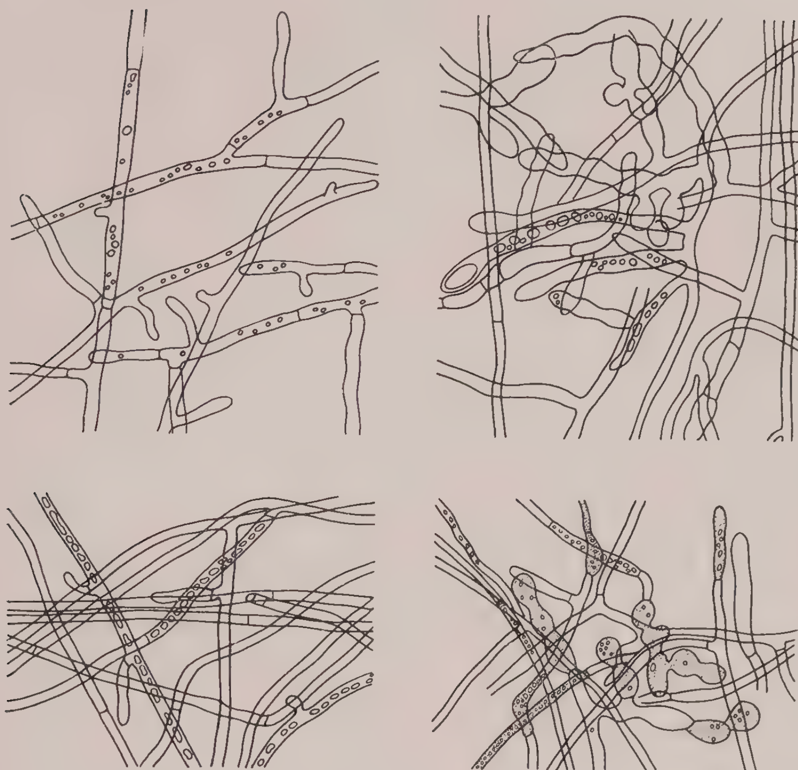


Abb. 25
Rhizoctonia solani in Filtraten verschiedener Pilze.
Links: im Filtrat von *Penicillium expansum*;
oben: Kultur 6 Tage alt; unten: Kultur 3 Wochen alt.
Rechts oben: in Nährlösung, Kontrolle, Kultur 4 Tage alt.
Rechts unten: im Filtrat von *Absidia spinosa*; Kultur 10 Tage alt.

langsam empor, um so langsamer, je nachdem die Filtratkonzentration stärker war.

Deshalb muß man wohl annehmen, daß sich in den verschiedenen Filtraten Stoffe befinden, welche das Wachstum von *Rhizoctonia* beeinträchtigen: auf die Dauer scheinen diese Stoffe ihre Wirksamkeit aber einzubüßen.

C. Einfluß der Filtrate einiger nicht parasitischer Pilze auf den Befall von *Brassica chinensis* L. durch *Rhizoctonia solani* Kühn

Untersucht wurde, ob auch die Filtrate einiger Pilze, welche einen antagonistischen Einfluß auf die Virulenz von *Rhizoctonia* haben, ähnlich wirken wie die Pilze selbst.

Bamberg (1930, 1931), der eine antagonistische Wirkung von einer Anzahl Bakterien in bezug auf *Ustilago zeae* (Beckm.) Unger konstatierte.

wies nach, daß diese Wirkung nur bemerkbar war bei Anwesenheit lebender Bakterien. Filtrate der Bakterienkulturen lösten kaum einen Effekt aus. weder auf die Brandpilzkolonien in Kultur, noch auf die Entwicklung von Brandgallen auf infizierten Pflanzen. — Sanford und Broadfoot (1931) haben bei ihren Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Bodenpilze auf die Virulenz von *Ophiobolus graminis* Sacc. gesehen, daß im allgemeinen der Einfluß lebender Kulturen bedeutender war als derjenige der Filtrate; auch diese konnten aber einen Einfluß ausüben. — 1939 hat Sanford beschrieben, daß aus seinen Versuchen mit einer Anzahl Bodenorganismen in bezug auf einige Parasiten von Weizenkeimlingen hervorgegangen ist, daß die Kulturen lebender Organismen viel wirksamer waren als ihre Filtrate. — Van Luijk (1938) konnte feststellen, daß Filtrate von *Pullularia pullulans* (de Bary und Löw) Berkh. und *Penicillium expansum* (Link) Thom. den *Pythium*-Befall in starkem Maße beeinträchtigen.

20. Versuch (Tabelle 19; Abb. 26)

Dieser Versuch wurde mit denselben Filtraten wie der 18., also mit den Filtraten von *Absidia, Cylindrocarpon, Pyronema* und *Trichoderma* B ausgeführt, die jedoch nur unverdünnt verwendet wurden. Jede Reihe umfaßte 20 Röhrchen mit Sand und Filtrat und 5 Samen je Röhrchen. Daneben liefen noch zwei Reihen mit Sand und Knopscher Lösung + ½ % Glukose. Die Röhrchen der vier Filtratreihen und eine Reihe mit Nährlösung wurden mit *Rhizoctonia* beimpft. Die zweite Reihe mit Nährlösung war die Kontrollreihe.

Tabelle 19

	Nach 1 Tag	Nach 3 Tagen	Nach 7 Tagen			Nach 10 Tagen			Nach 16 Tagen			Nach 27 Tagen		
	Gekeimt	Gekeimt	Gekeimt	Krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Krank	Gesund und entwickelt	Gekeimt	Krank	Gesund und entwickelt
Kontrolle	—	40	85	—	50	89	—	69	90	—	77	92	—	81
Rhizoctonia	—	42	78	72	—	78	75	—	78	78	—	78	78	—
Rh. + Filtrat von Absidia	1	50	72	50	7	72	51	8	72	52	8	72	60	6
Rh. + Filtrat von Cylindrocarpon	1	66	82	14	42	83	18	45	84	40	37	84	52	30
Rh. + Filtrat von Pyronema	—	43	74	5	20	78	12	24	80	25	28	81	40	23
Rh. + Filtrat von Trichoderma B	4	54	78	5	41	79	14	46	80	32	30	80	47	28

Temperatur: 4—29° C.

Aus Tabelle 19 ist ersichtlich, daß die Filtrate von *Absidia, Cylindrocarpon* und *Trichoderma* Stamm B anfangs die Keimungsgeschwindigkeit steigerten.

Sowohl *Rhizoctonia* allein als die Kombinationen von *Rhizoctonia* mit den Filtraten hatten einen einigermaßen ungünstigen Einfluß auf die Keimzahl.

Weiter sieht man, daß die Filtrate einen ziemlich stark antagonistischen Effekt auf den *Rhizoctonia*-Befall haben; während in der *Rhizoctonia*-Reihe nach 7 Tagen schon 72 von 78 gekeimten Samen befallen waren, war diese Zahl in den Kombinationsreihen von *Rhizoctonia* mit den Filtraten viel kleiner. Am kräftigsten war dieser antagonistische

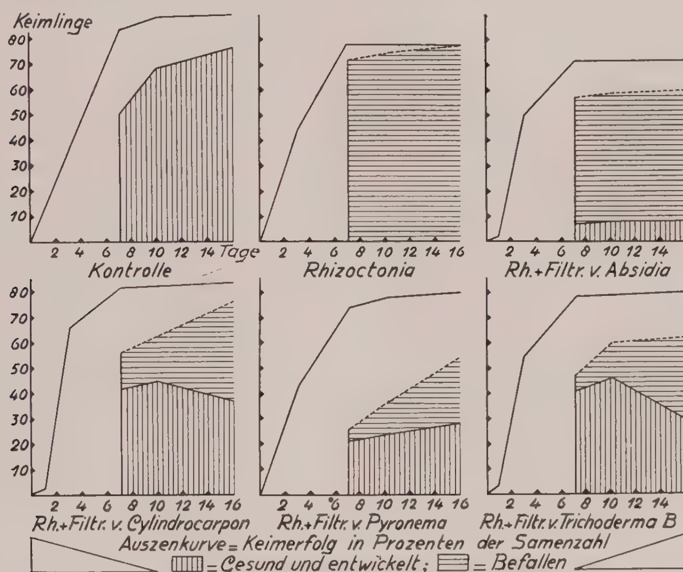


Abb. 26

Einfluß der Filtrate verschiedener Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn während des Keimpflanzenstadiums von *Brassica chinensis* L.

Effekt bei den Filtraten von *Cylindrocarpon, Pyronema* und *Trichoderma* Stamm B; die Wirkung vom *Absidia*-Filtrat war viel weniger stark. Es war auffallend, daß, obgleich die Anzahl der befallenen Keimlinge während des Versuches noch deutlich zunahm, die Anzahl der gesunden und sich gut entwickelnden Keimpflänzchen nur wenig abnahm. Die Befallszunahme findet sich also hauptsächlich unter den noch nicht gut ausgewachsenen Keimlingen, sei es, daß diese von Anfang an einigermaßen geschädigt waren — wenn es auch makroskopisch nicht zu sehen war —, sei es, daß sie in einem weniger weit fortgeschrittenen Entwicklungsstadium leichter von *Rhizoctonia* befallen werden konnten.

Wenn wir diesen Versuch mit denjenigen vergleichen, bei welchen *Rhizoctonia* mit lebenden Kulturen von den anderen Pilzen kombiniert wurde, sehen wir, daß beide Versuche der Hauptsache nach übereinstimmen, daß aber in einigen Punkten Unterschiede vorliegen. Die Keimung ging beim 20. Versuch, wahrscheinlich wegen der niedrigeren Minimumtemperaturen, langsamer vor sich; der ungünstige Einfluß auf den Keimerfolg in den Reihen mit *Rhizoctonia* (allein und in Kombination) hängt vielleicht mit der höheren Maximumtemperatur zusammen. Der *Rhizoctonia*-Befall verlief in Kombination mit den Filtraten anfangs heftiger als in Kombination mit den lebenden Pilzkulturen; die Anzahl der sich entwickelnden Pflänzchen war zu Anfang des Versuches mit Filtratkombinationen viel kleiner. Die Wirkung der Filtrate war also zu Anfang des Versuches deutlich schwächer als die der lebenden Pilzkulturen. Nach 16 Tagen war der Unterschied aber nicht mehr überall sehr groß. Die Anzahl der Pflänzchen, die sich weiter entwickelten, war in den Kombinationsreihen von *Rhizoctonia* mit *Absidia* und *Pyronema* fast die gleiche für die Kombinationen mit lebenden Kulturen wie für diejenigen mit ihren Filtraten; sie war nur etwas größer in den Kombinationen mit den lebenden Kulturen (*Absidia* 10 und 8; *Pyronema* 34 und 28). Für *Trichoderma* Stamm B war sie deutlich größer mit dem lebenden Pilz als mit seinem Filtrat (45 und 30). Hingegen war sie mit einer lebenden *Cylindrocarpon*-Kultur kleiner als mit dem Filtrat (24 und 37). Nach längerer Zeit (27 Tagen) hatte die Anzahl der kranken Pflänzchen nur noch wenig abgenommen; diese Anzahl blieb also ziemlich stationär, wie das auch bei den Versuchen mit lebenden Pilzkulturen der Fall war.

Aus diesem Versuch zeigt es sich, daß im allgemeinen die hier untersuchten Filtrate weniger wirksam sind als die lebenden Pilzkulturen.

4. Kapitel
Kombinationen von Pilzen in Kulturmedien

Um den direkten gegenseitigen Einfluß der Pilze zu untersuchen, ohne Samen und Keimpflanzen, wurden sie in Kulturmedien zusammengebracht.

21. Versuch (Tabelle 20)

Die Pilze wurden zu zweit im Abstand von 5 cm in Petrischalen geimpft, die Schalen in Thermostaten bei 18—21 ° C aufgestellt.

Nach 14 Tagen waren die Pilze voll entwickelt, so daß die Ablesung vorgenommen werden konnte. Als Hauptergebnis wurde festgestellt, daß bei Vorliegen gleichartiger Pilze in derselben Schale eine deutlich räumliche Trennung auftrat. Nur bei *Rhizoctonia*, wo dies anfänglich auch der Fall war, kam es später zu einem Durcheinanderwachsen der beiden Kolonien. Wenn dagegen zwei verschiedenartige Pilze an zwei Stellen derselben Petrischale eingeimpft wurden, so blieb in einigen Fällen eine

deutliche Trennung, in anderen Fällen aber wurde der eine Partner vom anderen mehr oder weniger stark überwachsen.

Das gegenseitige Verhalten der verschiedenen Pilze gestaltete sich im einzelnen folgendermaßen:

Trichoderma. Bei allen Kombinationen von *Trichoderma* A und B mit anderen Pilzen hat *Trichoderma* den anderen Pilz überwuchert. Die Wachstumsgeschwindigkeit von *Trichoderma* ist ziemlich groß, von Stamm A noch etwas größer als von Stamm B; die Kolonien der anderen Pilze wurden daher meist etwas unterdrückt. *Trichoderma* fruktifizierte vorzugsweise stark auf dem älteren Teil der Kolonie seines Partners.

Absidia. Auch dieser Pilz überwächst in Kombination mit anderen (Ausnahme *Trichoderma*) immer ein wenig den Partner. Merkwürdig ist, daß die Hyphen nicht von der ursprünglichen Kolonie aus weiterwachsen: die sporangientragenden Hyphen beugen sich hinunter, so daß das Sporangium das Substrat berührt; die Sporen kommen frei, keimen und bilden eine neue, sei es auch sehr kleine Kolonie. Von oben gesehen sieht das Luftmyzel wie gleichmäßig über die Oberfläche der Schale gewachsen aus, aber auf der Unterseite der Schale sehen wir eine große, alte Kolonie, die von zahlreichen kleineren umgeben ist.

Cladosporium. Zwischen einer Kolonie von *Cladosporium* und einer von *Cylindrocarpon* und zwischen *Cladosporium* und *Penicillium* bleibt eine Trennung. Von den anderen Pilzen wird *Cladosporium* etwas überwachsen.

Cylindrocarpon wird von *Absidia* unbedeutend überwachsen; auch sehr spärlich von *Rhizoctonia.* In Kombination mit *Cladosporium, Penicillium* und *Pyronema* bleiben die Kolonien räumlich getrennt.

Penicillium wird von *Absidia* und *Pyronema* ein wenig überwachsen (auch von den beiden *Trichoderma*-Stämmen nicht vollkommen). In Kombination mit *Cladosporium* und *Cylindrocarpon* bleiben die Kolonien getrennt; mit *Rhizoctonia* aber wachsen die Pilze durcheinander.

Pyronema wird von *Absidia* ein wenig überwachsen, bleibt von *Cylindrocarpon* getrennt, sie überwuchert die Kolonien von *Cladosporium, Penicillium* und *Rhizoctonia.*

Rhizoctonia. Dieser Pilz wird von *Absidia, Penicillium, Pyronema* und den beiden *Trichoderma*-Stämmen überwachsen. In den Kombinationen mit *Penicillium* und *Pyronema* hört damit aber das Wachstum von *Rhizoctonia* nicht auf; bei *Penicillium* (und in geringerem Maße bei *Pyronema*) wächst der Pilz dann in dem Agar, unter das Luftmyzel des anderen Komponenten, noch etwas weiter, bildet selbst aber kein Luftmyzel mehr; in Kombination mit *Penicillium* werden aber wohl einige Pseudosklerotien gebildet. Von *Trichoderma* Stamm A wird *Rhizoctonia* derart überwuchert, daß die ursprüngliche Kolonie kaum mehr zu erkennen ist; mit *Trichoderma* Stamm B war sie fast ganz verschwunden. Die Pilze *Cladosporium*

und *Cylindrocarpon* werden von einer ganz dünnen Myzelschicht von *Rhizoctonia* überwachsen. Wohl ist hier also *Rhizoctonia* vorherrschend, aber der Pilz wird doch von den anderen Pilzen im Wachstum beeinträchtigt.

In der Tabelle 20 sind die Ergebnisse nochmals kurz zusammengefaßt.

Tabelle 20

	Absidia	*Cladosporium*	*Cylindrocarpon*	*Penicillium*	*Pyronema*	*Trichoderma St. A*	*Trichoderma St. B*	*Rhizoctonia*
Absidia	‖	+	+	+	+	=	=	+
Cladosporium	—	‖	‖	‖	—	=	=	—
Cylindrocarpon	—	‖	‖	‖	‖	=	=	—
Penicillium	—	‖	‖	‖	—	—	—	×
Pyronema	—	+	‖	+	‖	—	—	+
Trichoderma St. A	++	++	++	++	++	‖	‖	++
Trichoderma St. B	++	++	++	++	++	‖	‖	++
Rhizoctonia	—	+	+	—	—	—	—	‖

‖ *deutliche Trennungslinie gebildet.*
\+ *überwächst den anderen Pilz nur wenig.*
++ *überwuchert den anderen Pilz*
— *wird ein wenig überwachsen.*
= *wird ganz überwuchert.*
× *wachsen durcheinander.*

Die Tabelle muß von links nach rechts gelesen werden.

Zeller und Schmitz (1919) kombinierten ebenfalls Pilze in Petrischalen. Bei diesen Versuchen trat meistens Wachstumshemmung, viel weniger oft Stimulation sowohl vor als nach Kontakt auf.

Bei den hier beschriebenen Versuchen tritt hauptsächlich Wachstumshemmung nach Kontakt auf; bald wird nur einer der beiden Pilze in seinem Wachstum gehemmt und dann von dem anderen überwuchert (wie in den Kombinationen mit *Trichoderma*); bald werden beide gehemmt. Wenn beide in fast gleich starkem Maße gehemmt werden, so bleiben sie voneinander getrennt; wird aber einer mehr gehemmt als der andere, so überwächst letzterer noch ein wenig den ersteren.

Stimulation wurde von uns nur bei der Fruktifikation von *Trichoderma* festgestellt. Dieser Pilz überwuchs die anderen Kolonien und fruktifizierte dann stark auf diesen anderen Kolonien, besonders auf ihrem ältesten Teil. Auch Molliard (1903) hat eine Zunahme der Fruktifikation

beobachtet bei *Ascobolus*, beim Auftreten einer Bakterie. Weiter sind noch einige Fälle von gesteigerter Fruktifikation beschrieben worden (von McCormick, 1925; Wilson, 1927; Sibilia, 1928), wobei jedoch nicht die lebenden Organismen, sondern ihre Extrakte einen stimulierenden Einfluß ausübten.

Ob in dem hier beschriebenen Fall die Stimulation chemischer oder mechanischer Art war, ist nicht festgestellt worden. Es ist nämlich auffallend, daß *Trichoderma* gerne auf einem festen Gegenstand fruktifiziert, in Petrischalen z. B. an einer Glaswand oder auf einem darin befindlichen Stückchen Holz.

Um zu untersuchen, ob auch Stimulation oder Hemmung vor Kontakt auftritt, wurden auch Kombinationen von *Rhizoctonia* mit den verschiedenen anderen Pilzen in feuchten Kammern in Petrischalen (Van Luijk, 1927 [1]) gemacht. Bei dieser Methode war es besser möglich, die Pilze mikroskopisch zu studieren.

22. Versuch (Tabelle 21)

Im Innern der Schalen wurde an das Deckglas eine sehr dünne Agarschicht angebracht. Die Pilze wurden auf den Rand der Agarschicht geimpft, so daß sie 20 bis 25 mm von einander entfernt waren. Die Wachstumszunahme wurde gemessen am kürzesten Abstand zwischen den beiden Kolonien.

In der Tabelle 21 ist die Größe der Kolonien nach 3, 4 und 5 Tagen angegeben. In dieser Zeit wuchsen nämlich die Pilze bis ganz dicht aneinander oder durcheinander.

Wie wir aus dieser Tabelle sehen, war nach vier Tagen in allen Kombinationen eine Wachstumshemmung von *Rhizoctonia* aufgetreten; nur in der Kombination *Rhizoctonia* + *Cladosporium* überwuchs *Rhizoctonia* noch ein wenig *Cladosporium*. Auch in der Kombination mit *Pyronema* hatte *Rhizoctonia* diesen Pilz schon nach vier Tagen überwachsen. Mikroskopisch konnte aber festgestellt werden, daß *Cylindrocarpon* dann unter dem Luftmyzel von *Rhizoctonia* im Agar noch ein bißchen weiterwuchs. In der Kombination zweier *Rhizoctonia*-Kulturen war mikroskopisch zu sehen, daß die Hyphen noch ein wenig durcheinander wuchsen, obgleich es makroskopisch aussah, als ob sie getrennt blieben. Das war auch der Fall bei der Kombination von *Rhizoctonia* mit *Penicillium*; hier

---

[1]) Im Deckel einer Petrischale (von 12 cm Durchmesser) ist ein rundes Loch von $3\frac{1}{2}$ cm Diam. ausgeschnitten. Oben darauf wird mit Asphaltlack ein Deckglas gekittet. Die Schale wird während einer Stunde bei 160° C im Trockenschrank sterilisiert. An der Innenseite des Deckglases bringt man dann die hängenden Tropfen an. Auf den Boden der Schale gießt man etwas steriles Wasser. Diese Kulturen haben den Vorteil, daß sie länger haltbar sind als die üblichen Kulturen von hängenden Tropfen mit Glasringen auf Objektträgern, weil sie mehr Raum bieten und über viel mehr Sauerstoff verfügen.

Tabelle 21

Fungus	Diam. der Kolonien in mm nach			Fungi	Diam. der Kolonien in mm nach		
	3 Tagen	4 Tagen	5 Tagen		3 Tagen	4 Tagen	5 Tagen
Absidia	4	4½	5½	Rh. + Absidia	13—5	14-5½	14—6
Cladosporium	5½	8	9½	Rh. + Cladosporium	14—5	16—6	17—7
Cylindrocarpon	4	7	9	Rh. + Cylindrocarpon	15—4	17—5	17—8
Penicillium	6	9	11½	Rh. + Penicillium	14—6	15—6	15—8
Pyronema	4½	8	9	Rh. + Pyronema	13—4	19—4	19—5
Trichoderma A	9	12	15	Rh. + Trichoderma A	11—6	15—6	15—6
Trichoderma B	15	23	25	Rh. + Trichoderma B	12—8	12—10	12—10
Rhizoctonia	14	22	25	Rh. + Rhizoctonia	13—12	13—12	13—12

Temperatur: ca. 18° C.

blieben die Kolonien anfangs aber wirklich getrennt, dann wuchsen die Pilze noch ein wenig durcheinander. In Kombination mit den übrigen Pilzen wurde *Rhizoctonia* von diesen überwachsen.

Im Vergleich zu den Reinkulturen der Pilze hat *Absidia* in Kombination mit *Rhizoctonia* keine Verzögerung der Wachstumsgeschwindigkeit erfahren, wohl aber die anderen Pilze; *Penicillium*, *Pyronema* und die beiden *Trichoderma*-Stämme sogar in ziemlich starker Weise.

Die Resultate dieses Versuches stimmen also mit denjenigen vom 21. Versuch überein.

Parasitismus der Pilze aufeinander in der Art, daß die Hyphen des Parasiten sich um die Hyphen des anderen Pilzes schlängeln und ihren Zellinhalt abtöten, oder interner Parasitismus wurde hier nicht beobachtet, auch nicht in der Kombination von *Rhizoctonia* mit *Trichoderma*. Weindling, der 1932 ein derartiges parasitisches Verhältnis von *Trichoderma lignorum* in bezug auf *Rhizoctonia* beschrieben hat, hat 1934 darauf hingewiesen, daß das Auftreten eines derartigen Verhältnisses von verschiedenen Faktoren, wie Säuregrad, Feuchtigkeit und Temperatur abhängt; nur unter ganz bestimmten Bedingungen würde diese Art Parasitismus von *Trichoderma* auftreten.

Morphologische Veränderungen, wie sie von einigen Forschern (vergleiche Literaturübersicht S. 72) bei Pilzkombinationen beschrieben worden sind, sind bei der mikroskopischen Untersuchung der hier beschriebenen Pilzkombinationen nicht gefunden.

Zusammenfassung

In der Literatur sind schon verschiedene Versuche über Antagonismus in bezug auf Parasitismus von Bodenpilzen beschrieben worden. Die Mehrzahl dieser Versuche wurde aber unter nicht ganz sterilen Verhältnissen durchgeführt. Die hier beschriebenen Versuche sind hingegen zum

größten Teil unter ganz sterilen Verhältnissen angestellt worden, d. h. in Kulturröhrchen, die mit einem Wattebausch verschlossen waren. Dadurch war auch das Hinzutreten von in der Luft anwesenden Organismen völlig ausgeschlossen. Daneben wurden auch einige Versuche in Töpfen gemacht.

Untersucht wurde der Einfluß einer Anzahl Bodenpilze auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* Kühn in bezug auf Keimlinge von *Brassica chinensis* L.; verwendet wurden: *Absidia spinosa*, *Cladosporium herbarum*, *Cylindrocarpum didymum*, *Penicillium expansum*, *Pyronema confluens* und zwei Stämme von *Trichoderma lignorum*.

Es zeigte sich, daß diese Pilze alle einen mehr oder weniger starken antagonistischen Einfluß auf die Virulenz von *Rhizoctonia solani* ausüben, wenn *Brassica chinensis* mit *Rhizoctonia* infiziert wird: wir ersehen dies sowohl aus der Keimung als aus der Zahl der gesunden Keimpflänzchen.

Wurde *Rhizoctonia* mit zwei bis vier antagonistischen Bodenpilzen kombiniert, so war der totale antagonistische Effekt größer, als wenn nur ein Antagonist hinzugefügt wurde. Wenn *Cylindrocarpon* zwei oder drei anderen zugefügt wurde, verringerte dies die antagonistische Wirksamkeit, obgleich *Cylindrocarpon* an sich doch einen antagonistischen Einfluß hatte.

Bei den Topfversuchen sind anfangs Pilzkulturen auf Reis als Infektionsmaterial verwendet worden. Es zeigte sich aber, daß auch Reiskulturen von saprophytischen Pilzen einen ungünstigen Einfluß ausübten. Antagonismus in bezug auf *Rhizoctonia* trat dabei nicht auf. Als dann aber Pilzkulturen auf Agar als Infektionsmaterial verwendet wurden, stimmten die Resultate ziemlich gut mit denen der Versuche überein, welche unter ganz sterilen Verhältnissen durchgeführt waren. Bei späteren Versuchen wurden Pilzkulturen von Nährlösungen gebraucht, welche abfiltriert wurden.

Der Einfluß der Temperatur auf die Keimung und Keimpflanzen war folgender: niedrigere Temperaturen bis einschließlich 9° C verzögerten die Keimungsgeschwindigkeit und beeinträchtigten mehr oder weniger die Keimfähigkeit. Bei höherer Temperatur (von 12—42° C) waren die Keimprozente überall gut. Von 9—30° C entwickelten sich gute Keimpflänzchen, nur bei 30° C etwas weniger kräftig als bei 27° C. Die Temperaturen oberhalb 30° C hatten einen ungünstigen Einfluß auf die Entwicklung.

Ebenso ist der Einfluß der Temperatur auf das lineare Wachstum und das Trockengewicht der verschiedenen Pilze untersucht, mit denen die hier beschriebenen Versuche ausgeführt sind; die minimalen, optimalen und maximalen Temperaturen wurden festgestellt.

Aus den Versuchen ist hervorgegangen, daß der antagonistische Effekt von *Absidia*, *Cylindrocarpon*, *Pyronema* und *Trichoderma* Stamm B am stärksten ist bei denjenigen Temperaturen, welche optimal oder doch für die Entwicklung dieser Pilze sehr günstig sind. Umgekehrt war aber nicht bei allen Temperaturen, welche für die Entwicklung sehr günstig

waren, der Antagonismus sehr stark; bei *Trichoderma* Stamm B war das Temperaturgebiet, das optimal für das Pilzwachstum war, größer als das für die maximale antagonistische Wirksamkeit.

Das antagonistisch wirksame Agens war nicht gebunden an die lebenden Pilze. Auch die Filtrate hatten einen antagonistischen Einfluß. Wenn *Rhizoctonia* in verschiedene Verdünnungen geimpft wurde, so trat die stärkste Wachstumshemmung auf in unverdünnten Filtraten. Im allgemeinen wurden in unverdünnten Filtraten keine, in schwach verdünnten wenige und in stark verdünnten viele Pseudosklerotien gebildet. Die Filtrate hatten auch einen antagonistischen Einfluß auf die Virulenz von *Rhizoctonia* in bezug auf die Keimpflanzen.

Bei Kombinationen von *Rhizoctonia* mit den anderen Pilzen in Kulturmedien trat Hemmung in verschiedenen Formen auf. Epiparasitismus wurde aber nicht beobachtet.

Zitierte Literatur

Aeth, H. R. X. D', 1939. A survey of interaction between fungi. Biol. Rev., **14**. 105—131.

Allen, M. C. and Haenseler, C. M., 1935. Antagonistic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. Phytopathology, **25**, 244—252.

Anliker, J., 1935. Beiträge zur Kenntnis der Fusariose des Roggens. Beitr. Kryptogamenflora der Schweiz, **8**, 4, 1—115.

Arrillaga, J. G., 1935. The nature of inhibition between certain fungi parasitic on citrus. Phytopathology, **25**, 763—775.

Bamberg, R. H., 1930. A bacterium antibiotic to *Ustilago zeae*. Phytopathology, **20**, 140.

Bamberg, R. H., 1931. Bacteria antibiotic to *Ustilago zeae*. Phytopathology, **21**, 881—891.

Bisby, G. R., James, N. and Timonin, M., 1933. Fungi isolated from Manitoba soil by the plate method. Canad. Journ. Res., **8**, 253—275.

Braun, H., 1930. Der Wurzeltöter der Kartoffel. Monograph. z. Pflanzenschutz, **5**, 1—136.

Bunschoten, G. E, 1933. Invloed van de voeding op de virulentie van schimmels. Diss. Utrecht.

Burkholder, W. B. and Guterman, C. E. F., 1932. Synergism in a bacterial disease of *Hedera helix*. Phytopathology, **22**, 781—784.

Busse, W., Peters, L. und Ulrich, P., 1911. Über das Vorkommen von Wurzelbranderregern im Boden. Arbeiten der Biologischen Anstalt, **8**, 260—302.

Butler, K. D., 1935. The cotton root rot fungus, Phymatotrichum omnivorum, parasitic on the watermelon, *Citrullus vulgaris*. Phytopathology, **25**, 559—577.

Clark, J. F., 1899. On the toxic effect of deleterious agents on the germination and development of certain filamentous fungi. Botan. Gaz., **28**, 289—327; 378—404.

Claussen, P., 1912. Zur Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten. *Pyronema confluens*. Zeitschrift für Botanik, **4**, 1, 1—64.

Crelle's Rekentabellen, 1930.

Défago, G., 1935. De quelques Valsées von Höhnel parasites des arbres à noyau dépérissants. Thèse, E. T. H., Zürich.

Drechsler, Ch., 1938. Two Hyphomycetes parasitic on oospores of root-rotting Oomycetes. Phytopathology, **28**, 81—103.

Eek, Th. van, 1937. Wortelrot van *Viola tricolor* L. *max. hort.* Diss. Amsterdam.

Elliott, J. A., 1917. Taxonomic characters of the genera *Alternaria* and *Macrosporium*. Am. Journ. Bot., **4**, 439—476.

Fawcett, H. S., 1913. Report of former plant pathologist. Fla. Agr. Exp. Sta. Ann. Rpt., 1912, 64—92.

Fawcett, H. S., 1923. Gummosis of Citrus. Journ. Agr. Res., **24**, 191—236.

Fawcett, H. S., 1931. The importance of investigations on the effects of known mixtures of microorganisms. Phytopathology, **21**, 545—550.

Fawcett, H. S., 1936. Citrus diseases and their control. 2nd Edition.

Fischer, E. und Gäumann, E., 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze.

Frost, W. D., 1904. The antagonism exhibited by certain saprophytic bacteria against the *Bacillus typhosus* Gaffky. Journ. Infect. Dis., **1**, 599—640.

Garrard, E. H. and Lochhead, A. G., 1938. Relationships between soil microorganisms and soil borne plant pathogens. A review. Sci. Agr., **18**, 719—737.

Garrett, S. D., 1934 (a). Factors affecting the severity of take-all. I. The importance of soil micro-organisms. Journ. Agr. South Aus., **37**, 664—674.

Garrett, S. D., 1934 (b). Factors affecting the pathogenicity of cereal foot-rot fungi. Biol. Rev., **9**, 351—361.

Garrett, S. D., 1936. Soil conditions and the take-all disease of wheat. Ann. Appl. Biol., **23**, 667—699.

Gilman, J. C. and Abbott, E. V., 1927. A summary of the soil fungi. Iowa Sta. Coll. Journ. Sci., **1**, 3, 225—345.

Gioelli, F., 1933. Fenomeni di antagonismo tra *Penicillium digitatum* (Pers.) Sacc. e *Penicillium italicum* Weber. Ann. di Bot., **20**, 327—346.

Goss, R. W., 1937. The influence of various soil factors upon potato scab caused by Actinomyces scabies. Neb. Agr. Exp. Sta. Res. Bull. 93.

Gwynne-Vaughan, H. C. I. and Barnes, B., 1930. The structure and development of the fungi.

Haan, J. Th. de, 1937. Untersuchungen über das Auftreten der Keimlings-Fusariose bei Gerste, Hafer, Mais und Reis. Phytopathologische Zeitschrift, **10**, 235—305.

Haenseler, C. M. and Allen, M. C., 1934. Toxic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. Phytopathology, **24**, 10.

Hartley, C., 1921. Damping-off in forest nurseries. U. S. Dept. Agr. Bull., 934.

Henry, A. W., 1931. The natural microflora of the soil in relation to the foot-rot problem of wheat. Canad. Journ. Res., **4**, 69—78.

Henry, A. W., 1932. Influence of soil temperature and soil sterilization on the reaction of wheat seedlings to *Ophiobolus graminis* Sacc. Canad. Journ. Res., **7**, 198—203.

Holman, W. L. and Meekison, D. M., 1926. Gas production by bacterial synergism. Journ. Infect. Dis., **39**, 145—172.

Jensen, C. N., 1912. Fungous flora of the soil. N. Y. (Cornell) Agr. Exp. Sta. Bull., 315, 414—501.

Jones, L. R., Johnson, J. and Dickson, J. G., 1926. Wisconsin studies upon the relation of soil temperature to plant disease. Univ. Wisconsin Agr. Exp. Sta. Res. Bull., 71, 1—144.

Katser, A., 1938. Ein Beitrag zur Anwendung des Antagonismus als biologische Bekämpfungsmethode unter besonderer Berücksichtigung der Gattungen *Trichoderma* und *Phytophthora*. Boll. Staz. Pat. Veg. Roma, **18**, 195—217; 221—382.

Krebs, J., 1936. Untersuchungen über den Pilz des Mutterkorns *Claviceps purpurea* Tul. Ber. Schweiz. Bot. Ges., **45**, 71—166.

Luijk, A. van, 1927. Pilzkulturen in feuchten Kammern. Meded. Phytopath. Lab. Willie Commelin Scholten, Baarn, **11**, 58—59.

Luijk, A. van, 1934. Untersuchungen über Krankheiten der Gräser. Meded. Phytopath. Lab. Willie Commelin Scholten, Baarn, **13**, 1—28.

Luijk, A. van, 1938. Antagonism between various micro-organisms and different species of the genus *Pythium*, parasitizing upon grasses and lucerne. Meded. Phytopath. Lab. Willie Commelin Scholten, Baarn, **14**, 43—83.

Luijk, A. van, 1939. Antagonisme tusschen micro-organismen. Vakblad voor Biologen, **20**, 177—188.

McCormick, F. A., 1925. Perithecia of *Thielavia basicola* Zopf in culture and the stimulation of their production by extracts from other fungi. Conn. Agr. Exp. Sta. Bull. 269, 539—554.

Millard, W. A., 1921. Rep. Univ. Leeds and Yorks Coun. agric. Ed. 118, 8—20.

Millard, W. A. and Taylor, C. B., 1927. Antagonism of microorganisms as the controlling factor in the inhibition of scab by manuring. Ann. Appl. Biol., **14**, 202—215.

Molliard, M., 1903. Rôle des bactéries dans la production des périthèces des *Ascobolus*. Compt. Rend. Acad. Sci. (Paris), **136**, 899—901.

Moritz, O., 1933. Weitere Studien über die Ophiobolose des Weizens. Arbeiten der Biologischen Anstalt, **20**, 27—48.

Niethammer, A., 1933. Studien über die Pilzflora böhmischer Böden. Archiv für Mikrobiologie. **4**, 72—99.

Nikitinsky, J., 1904. Über die Beeinflussung der Entwicklung einiger Schimmelpilze durch ihre Stoffwechselprodukte. Jahrb. Wiss. Bot., **40**, 1—93.

Plakidas, 1930. *Pythium* root rot of strawberries in Louisiana. Phytopathology, **20**. 121—122.

Porter, C. L., 1924. Concerning the character of certain fungi as exhibited by their growth in the presence of other fungi. Am. Journ. Bot., **11**, 168—188.

Porter, C. L. and Carter, J. C., 1938. Competition among fungi. Botan. Rev., **4**, 165—182.

Richardson, J. K., 1933. Eggplant Wilt. Sci. Agr., **14**, 120—131.

Rosen, H. R. and Shaw, L., 1929. Studies on *Sclerotium Rolfsii*, with special reference to the metabolic interchange between soil inhabitants. Journ. Agr. Res., **39**, 41—62.

Roth, C., 1935. Untersuchungen über den Wurzelbrand der Fichte (*Picea excelsa* Link). Phytopathologische Zeitschrift, **8**, 1—110.

Sanford, G. B., 1939. Research on certain soil-borne diseases as affected by other microorganisms. Sci. Agr., **19**, 609—656.

Sanford, G. B. and Broadfoot, W. C., 1931. Studies on the effects of other soil-inhabiting micro-organisms on the virulence of *Ophiobolus graminis* Sacc. Sci. Agr., **11**, 512—528.

Savastano, G. and Fawcett, H. S., 1929. A study of decay in citrus fruits produced by inoculations with known mixtures of fungi at different constant temperatures. Journ. Agr. Res., **39**, 163—199.

Sibilia, C., 1928. Influenza di estratti fungini sopra la fruttificazione di funghi parassiti. Boll. Staz. Pat. Veg. Roma, **8**, 174—180.

Tanja, A. E., 1933. Untersuchungen über *Gibberella Saubinetii* (Dur. et Mont.) Sacc. und die Fusariose des Weizens. Phytopathologische Zeitschrift, **6**, 375—428.

Waksman, S. A., 1937. Associative and antagonistic effects of microorganisms: I. Historical review of antagonistic relationships. Soil Science, **43**, 51—68.

Weindling, R., 1932. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology, **22**, 837—845.

Weindling, R., 1934 (a). Some factors influencing the character of interaction between *Trichoderma* and other soil fungi. Phytopathology, **24**, 1140—1141.

Weindling, R., 1934 (b). Various fungi recently found to be parasitic on *Rhizoctonia solani*. Phytopathology, **24**, 1141.

Weindling, R, 1934 (c). Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. Phytopathology, **24**, 1153—1179.

Weindling, R., 1938. Association effects of fungi. Botan. Rev., **4**, 475—496.

Weindling, R. and Fawcett, H. S., 1934. Experiments in biological control of *Rhizoctonia* damping off. Phytopathology, **24**, 1142.

Weindling, R. and Fawcett, H. S., 1936. Experiments in the control of *Rhizoctonia* damping-off of Citrus seedlings. Journ. Cal. Agr. Exp. Sta. Hilgardia, **10**. 1—16.

White, R. P. and McCullock, L., 1934. A bacterial disease of *Hedera helix*. Journ. Agr. Res., **48**, 807—815.

Wilson, E. E., 1927. Effects of fungous extracts upon the initiation and growth of the perithecia of *Venturia inaequalis* (Cke.) Wint. in pure culture. Phytopathology, **17**, 835—836.

Zeller, S. M. and Schmitz, H., 1919. Studies in the physiology of the fungi. VIII. Mixed cultures. Ann. Mo. Bot. Gard., **6**, 183—192.

Zöller. W., 1925. Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers.

Zur Frage der Verwendung kupferhaltiger Spritzmittel im Kampf gegen den Spargelrost

Von

K. Hassebrauk, Berlin-Dahlem

Bis zum Jahre 1928 hatte der deutsche Spargelbau unter Spargelrost in nennenswertem Ausmaß jahrzehntelang nicht zu leiden gehabt. Die außerordentlich schweren Rostepidemien der Jahre 1928—1933 wirkten sich daher um so unheilvoller aus, als einmal die vornehmlich zum Schutz vor dem Rost vielerorts polizeilich verordneten Kulturmaßnahmen aus der erwachsenen Sorglosigkeit heraus häufig nur noch in unzulänglicher Weise beachtet wurden und als zum andern direkte Bekämpfungsmethoden des Spargelrostes nicht bekannt waren. Von verschiedenen Seiten wurde nach den katastrophalen Rostjahren daher der Erforschung des Spargelrostes und zumal der Frage seiner direkten Bekämpfung näher getreten. Die an der Zweigstelle Gliesmarode der Biologischen Reichsanstalt unter Professor Gaßner im Jahre 1933 in dieser Richtung eingeleiteten Untersuchungen brachten nun bezüglich der direkten Bekämpfungsmöglichkeit des Spargelrostes ganz allgemein wenig befriedigende Ergebnisse. Insonderheit mußte festgestellt werden, daß auch kupferhaltige Spritzmittel keine nennenswerte Herabsetzung des Rostbefalls herbeiführen (2, 3). Durch die in den Folgejahren von mir fortgesetzten Versuche wurden dann diese ersten Befunde immer wieder bestätigt: Durch die Anwendung kupferhaltiger Spritzmittel kann zwar eine Minderung des Rostbefalles erreicht werden, der Erfolg erscheint aber zu gering und vor allem zu ungleichmäßig, als daß dieses Bekämpfungsmittel der Praxis ohne Einschränkung empfohlen werden könnte. Eine Ausnahme wurde von mir bezüglich der unbeernteten Junganlagen gemacht, da diese erfahrungsgemäß als die Seuchenherde anzusehen sind, und da hier mangels wirksamerer Methoden auch unvollkommene Maßnahmen besser sind als gar keine (4). Ich befand mich hinsichtlich der Bewertung der Kupferspritzbrühen in Übereinstimmung mit zahlreichen amerikanischen Versuchsanstellern, die auf Grund sehr umfangreicher Versuche die Bekämpfung des Spargelrostes mit kupferhaltigen Mitteln wegen der unzulänglichen Wirkung gleichfalls als unwirtschaftlich beurteilen (Heald, 6, S. 720). Demgegenüber befürwortete Hülsenberg 1935 die Verwendung kupfer-

haltiger Spritzmittel zu Rostbekämpfungszwecken und zwar auch bei älteren Spargelanlagen (8). 1939 erschien dann von Hülsenberg eine erneute Veröffentlichung, worin er seine eigenen Ergebnisse sowie andere, die Anwendung von Kupfermitteln befürwortende Stimmen gegen meine zurückhaltende Stellungnahme abwägt (9). Hülsenberg kommt zu dem abschließenden Urteil, daß Kupfermittel geeignet sind, „den Rostbefall des Spargels wesentlich herabzusetzen, vorausgesetzt, daß sie zur rechten Zeit gespritzt werden". Ich habe von dieser Veröffentlichung Hülsenbergs infolge des Krieges erst jetzt verspätet Kenntnis erhalten. Die erneut angeschnittene Frage erscheint nun für den deutschen Spargelbau zu wichtig, als daß die von Hülsenberg an meine Untersuchungen gelegte Kritik und die für seine Ansicht herangezogenen Beweise unwidersprochen bleiben könnten.

Hülsenberg sieht in meinen Versuchsergebnissen, die zu einer nicht sehr günstigen Bewertung der kupferhaltigen Spritzmittel führten, keine besondere Beweiskraft gegen die Anwendung solcher Mittel zur Bekämpfung des Spargelrostes. Das Hauptargument Hülsenbergs ist der Einwand, daß ich die Spritzung stets zu spät im Jahre begonnen hätte. Dem ist folgendes entgegenzuhalten: Hülsenberg schlug 1935 vor, mit der Spritzung bei Junganlagen in der Zeit vom 1.—15. Mai, bei dreijährigen Anlagen in der Zeit vom 1.—15. Juni und bei Altanlagen in der Zeit vom 15.—31. Juli zu beginnen. Meine Spritzversuche setzten bei Altanlagen im Jahre 1933 am 10. Juli, im Jahre 1937 am 15. bzw. 19. Juli [1]), also zu einem Zeitpunkt ein, der nach Hülsenbergs früherer Ansicht der günstigste war. Neuerdings fordert Hülsenberg indessen einen früheren ersten Spritztermin, und zwar für stechreife Anlagen 10 Tage nach dem Stechen. Dieser Vorverlegung um einige Tage kann ich nicht die von Hülsenberg erachtete Bedeutung beimessen. Ich halte es vielmehr eher für verfehlt, so früh mit der Spritzung zu beginnen und dann bis zum nächsten Spritztermin drei Wochen verstreichen zu lassen. Denn bei einer so frühzeitigen Spritzung begrenzt sich die Wirksamkeit der Spritzbrühe im wesentlichen auf den Haupttrieb, während die sich erst später voll entwickelnden Seitentriebe und Phyllokladien in den nachfolgenden drei Wochen gänzlich ungeschützt bleiben. Ich kann mich also der Meinung Hülsenbergs, daß die von mir verzeichneten unzulänglichen Erfolge auf einem zu späten Beginn der Spritzung beruhen, nicht nur nicht anschließen, sondern ich vermute sogar, daß bei früherem Beginn der Spritzaktionen die Ergebnisse aus den oben angeführten Erwägungen noch unbefriedigender hätten ausfallen können. Demgegenüber könnte Hülsenbergs Einwand zu Recht bestehen, daß ich 1935 mit der Spritzung

[1]) Es ist seinerzeit von mir versehentlich nicht hervorgehoben, daß die von mir erwähnte erstmalig gestochene Anlage bis zum üblichen Ende der Stechzeit beerntet wurde, also wie eine Altanlage anzusprechen war.

bei einer Junganlage (15. Juli) und 1936 bei einer dreijährigen Anlage (6. Juli) zu spät begonnen hätte. Dem ist nun wieder entgegen zu halten, daß der Rostbefall im Jahre 1935 auffallend spät einsetzte, wie seinerzeit von mir auch ausdrücklich in meinen Ausführungen hervorgehoben wurde, daß aber im Jahre 1936, wo von mir erstmals mit einer künstlichen Infektion der Versuchsparzellen gearbeitet wurde, die Ergebnisse noch mit am befriedigendsten im Verlauf der ganzen Jahre ausgefallen sind.

Betrachtet man nun die Lage der ersten Spritztermine aus jenen Versuchen etwas näher, die von Hülsenberg als Beweis gegen meine Untersuchungen zitiert werden, so ergibt sich eine bemerkenswerte Feststellung. Hubert (7) begann die Spritzung einer zweijährigen Anlage am 11. Juni. Dieser Zeitpunkt liegt also vier Wochen nach dem von Hülsenberg geforderten Termin. Bei einem von Hülsenberg weiterhin erwähnten, im Jahre 1937 in Deidesheim durchgeführten Spritzversuch setzte die Spritzung am 12. Juli ein, einem Termin, der unter Berücksichtigung der in Rheinhessen früheren Vegetations- und Stechzeit später als meine Anfangstermine liegt. Trotz des verhältnismäßig späten Beginns wurden diese beiden Versuche nach den wiedergegebenen Befallszahlen zum Teil sehr erfolgreich bonitiert. Es ist infolgedessen nicht einzusehen, inwiefern dann Hülsenberg meine gegenüber der Ansicht vereinzelter anderer Autoren ungünstigere Beurteilung der Kupferwirkung mit der Lage des ersten Spritztermins erklären will.

Ein weiteres Argument gegen die Beweiskraft meiner Untersuchungen erblickt Hülsenberg in der Tatsache, daß ich unglücklicherweise in allen Jahren einen im Durchschnitt relativ geringen Rostbefall auf meinen Versuchsparzellen zu verzeichnen hatte. Dieser Umstand kann das Endergebnis in den meisten Fällen nicht beeinflussen, da die Bewertung der Spritzmittel aus dem Befallsverhältnis von unbehandelten zu behandelten Parzellen hergeleitet wird. Es spielt daher keine Rolle, ob der durchschnittliche Befall hoch oder niedrig ist, sofern durch die Bonitierung überhaupt noch Befallsstärken über 0 zur Feststellung gelangen.

Wie steht es nun mit der Beweiskraft der von Hülsenberg zitierten, angeblich für eine gute Kupferwirkung sprechenden Versuche anderer Autoren? Zu den älteren Untersuchungen Hülsenbergs (8) und Bremers (1) ist von mir bereits a. O. Stellung genommen (4), so daß es sich erübrigt, hier nochmals darauf einzugehen. Es sei nur noch hervorgehoben, daß Bremer seine Ergebnisse wegen der Anlage der Versuche selbst als nicht schlüssig bezeichnet. Der bereits oben erwähnte Bekämpfungsversuch aus Deidesheim (Rheinhessen), der von Rump und Klaiser durchgeführt worden ist, zeigt zwar eine deutliche Wirkung der Kupferkalkbrühe auf den Rostbefall. Bei näherer Betrachtung scheint mir das Ausmaß der Wirkung aber von Hülsenberg überschätzt. Die Bonitierung erfolgte nach den Befallszahlen 0—5, wobei 3 mittelstarken,

4 starken und 5 sehr starken Rostbefall bedeutet. Die unbehandelten Kontrollen zeigten 92,86 % Pflanzen mit einem Befall von 4—5. Dem steht die günstigste „Kupferparzelle“ mit 40,85 % Pflanzen der Befallsstärke 3—3,5 und 31,45 % Pflanzen mit der Befallsstärke 4—5 gegenüber. Das heißt also, auch auf der die beste Wirkung aufweisenden Parzelle zeigen noch etwa 72 % aller Pflanzen mittelstarken bis sehr starken Rostbefall. Bei den übrigen Parzellen, bei denen andere Haft- bzw. Netzmittel zur Verwendung kamen, lauten die entsprechenden Zahlen 27 + 46 = 73 %, 29 + 53 = 82 % und 25 + 60 = 85 %. Noch aufschlußreicher ist es, mit den Ergebnissen von Rump und Kaiser eine Durchschnittsberechnung und eine Umrechnung auf den von mir verwendeten 8-teiligen Bonitierungsschlüssel vorzunehmen. Ein Vergleich mit meinen Ergebnissen läßt dann überraschenderweise erkennen, daß die Resultate von Rump und Kaiser keineswegs günstiger als die meinen sind. Die erwähnten Autoren erzielten im Mittel auf der besten Kupferparzelle einen Befall von 3,08, dem ein Befall von 4,36 auf der Kontrolle gegenübersteht. Umgerechnet auf eine 8-teilige Bonitierung entspräche dies einem Verhältnis von 4,93 : 6,98. Demgegenüber erhielt ich beispielsweise 1937 in einem Fall ein Befallsverhältnis von 1,35 : 2,94, was also sogar noch günstiger ist. Kann somit dieser Versuch von Rump und Kaiser nicht als Gegenbeweis gegen mich ins Feld geführt werden, so bestätigt er darüber hinaus die von uns stets hervorgehobene äußerst ungleichmäßige Wirkung der Kupferspritzung auf den Rostbefall. Günstiger scheinen demgegenüber noch die Versuchsergebnisse von Hubert zu sein. Dieser Autor bonitierte nach „schwach“, „stark“ und „sehr stark befallen“ und fand bei den Kontrollen 10 % mit schwachem, 43 % mit starkem und 45 % mit sehr starkem Befall. Auf der besten Kupferparzelle wurden dagegen neben 46,7 % rostfreien 37,45 % schwach, 15 % stark und unter 1 % sehr stark befallene Pflanzen festgestellt. Auch unter Berücksichtigung des meines Erachtens zu weit vereinfachten Bonitierungsschemas müssen die Ergebnisse als sehr befriedigend angesehen werden, wenngleich auch hier wieder die starke Ungleichmäßigkeit der Kupferwirkung zutage tritt.

Unter den Urteilen mehr allgemeiner Art hat Hülsenberg schließlich noch Jahnel (10) zitiert, dessen optimistische Bewertung einer Kupferwirkung auf den Spargelrost allerdings durch nichts begründet ist. Jahnel berichtet über eine groß angelegte Spritzaktion auf Junganlagen in Sachsen, eine Maßnahme, die sehr begrüßenswert ist und von mir selbst ausdrücklich empfohlen wurde. Ob diese Aktion erfolgreich war, läßt sich in dem vorliegenden Fall allerdings nicht entscheiden, da späterhin — von vereinzelten Ausnahmen abgesehen — kein Rost festgestellt werden konnte. Hierüber gibt selbstverständlich nur ein Versuch mit der entsprechenden Anzahl richtig eingeschalteter unbehandelter Kontrollen Aufschluß, es sei

denn, daß die Aktion negativ ausfällt. Gerade das von Jahnel in einer Anlage in Brockwitz beobachtete starke Rostauftreten, das auf eine beschränkte Fläche von 20 qm (!) lokalisiert blieb, spricht dafür, daß die Witterungsverhältnisse einer weiteren Ausbreitung des Rostes zuwider waren und daß es auch ohne die Spritzaktion nicht zu einer Rostepidemie gekommen wäre.

Hülsenberg nimmt in seinen Ausführungen abschließend noch zu dem Streit der Meinungen hinsichtlich der Bewertung des längeren Grünbleibens mit Kupfermitteln behandelter Spargelpflanzen Stellung. Ich sehe davon ab, an dieser Stelle nochmals auf diesen Punkt einzugehen, da dies im Augenblick nur zu einer unfruchtbaren Diskussion führen würde. Ich stimme Hülsenberg zu, daß eine endgültige Klärung dieser Frage nur durch das Experiment am Spargel selbst herbeigeführt werden kann. Es sind entsprechende Untersuchungen von mir vorgesehen.

Beschränken wir uns nun rückblickend unter den von Hülsenberg gegen mich angeführten Versuchsergebnissen anderer Autoren aus den dargelegten Gründen auf die Befunde von Hubert, so ergibt sich die auch von Hülsenberg angeschnittene, aber nicht befriedigend beantwortete Frage, wie die unterschiedliche Bewertung der Kupferspritzung zu erklären ist. Es erhebt sich darüber hinaus schließlich die wichtigere Frage, ob auf Grund der von Hülsenberg neu vorgebrachten Beweismittel meine Auffassung von der Bewertung der Kupferspritzmittel eine Revision erheischt.

Der seinerzeit von uns erhobene Einwand gegen die zu günstige Bewertung der Kupferspritzung seitens einiger anderer Autoren war vornehmlich darauf gegründet, daß allgemeine Schätzungen des Rostbefalls in mit Kupfermitteln durchgeführten Spritzversuchen leicht einer subjektiven Täuschung infolge des länger Grünbleibens der bespritzten Pflanzen unterliegen. Dieser Einwand kann bei den Untersuchungen Huberts nicht mehr geltend gemacht werden, da, wie bereits erwähnt, dieser Autor auch zu einer Art Einzelbonitierung übergegangen ist. Ein unterschiedlicher Beginn der Spritzung sowie der verschieden starke durchschnittliche Rostbefall läßt sich entgegen der Meinung Hülsenbergs zur Deutung der verschiedenartigen Ergebnisse auch nicht heranziehen, wie von mir im vorstehenden nachgewiesen worden ist. Der günstige Befund Huberts läßt sich nur dadurch erklären, daß in dem wiedergegebenen Versuch Spritztermine und Ausbreitung des Rostes in überaus glücklicher Übereinstimmung gestanden haben müssen. Denn daß ein so ausgezeichnetes Resultat nicht als Regel anzusprechen ist, geht aus einer von Hülsenberg nicht zitierten Äußerung Huberts hervor. Hubert schreibt nämlich in der gleichen Veröffentlichung wörtlich: „Ein im Zerbster Anbaugebiet im vorigen Jahr angelegter Versuch zeigte trotz des dortigen durchweg starken Rostauftretens immer noch gut erkennbare

Unterschiede zwischen behandelten und unbehandelten Teilstücken, wenn auch diese nicht so groß waren wie bei den anderen vorjährigen Spritzversuchen."

Es ergibt sich also bei einer kritischen Betrachtung der von Hülsenberg zugunsten der Kupferspritzbrühen herangezogenen Beweise, daß die rosthemmende Wirkung sich durchaus in den von uns erkannten und als unzulänglich eingeschätzten Grenzen bewegt, oder daß sie in ihrem Ausmaß weitgehend von Zufälligkeiten bedingt ist. Es fand sich ferner der von uns stets erhobene Einwand durchaus bestätigt, daß die Wirkung kupferhaltiger Spritzmittel auf den Spargelrostbefall zu ungleichmäßig ist, als daß dies Verfahren der Praxis ohne Einschränkung empfohlen werden könnte. Grundsätzlich bleibt festzustellen, daß wir eine gewisse Wirkung der Kupferspritzbrühen keineswegs verkannt haben. Es dürfte auch feststehen, daß wir im Augenblick den kupferhaltigen Spritzmitteln in der Wirkung gleichwertiges oder gar besseres nicht zur Seite zu stellen haben. Wenn von einigen amerikanischen Autoren dem Schwefel eine günstigere Wirkung zugesprochen wird (Literatur siehe 2), so ist dem entgegen zu halten, daß unter unseren klimatischen Verhältnissen die Verwendung von Stäubemitteln aus wirtschaftlichen Erwägungen ausscheiden muß (5). Wir sind also darauf angewiesen, uns mit Kupfermitteln zu begnügen, soweit wir direkte Aktionen gegen den Spargelrost zu unternehmen beabsichtigen. Auf Grund meiner jahrelangen Untersuchungen und gestützt auf die Erfahrungen, die mehrere amerikanische Autoren in besonders umfangreichen Versuchen gewonnen haben, muß ich aber an der von mir vertretenen Auffassung festhalten, daß es sich zur Zeit nicht verantworten läßt, dem Spargelanbauer eine Spritzung seiner stechreifen Anlagen mit Kupfermitteln anzuempfehlen. Es ist dagegen nochmals hervorzuheben, daß die Spritzung von Junganlagen eine empfehlenswerte Maßnahme darstellt, um der Gefahr einer Rostepidemie im Entstehen vorzubeugen. Im übrigen dürfte es, abgesehen von den augenblicklichen Verhältnissen, sowieso im deutschen Spargelbau auf große Schwierigkeiten stoßen, die flächenmäßig bei weitem vorherrschenden Altanlagen in regelmäßigen Abständen zu bespritzen. So äußert sich auch Hubert, der die Spritzung mit Kupfermitteln ohne Einschränkung befürwortet, aus praktischen Erwägungen dahingehend, daß für das Spritzen im allgemeinen nur die Junganlagen in Frage kommen, daß aber das Spritzen mehrjähriger Anlagen wegen ihrer ausgedehnten Fläche in der Regel nicht durchführbar sein dürfte.

Schriftennachweis

1 Bremer, H. Zur Epidemiologie und Bekämpfung des Spargelrostes. Gartenbauwissenschaft, **10**, 1936. 51.

2 Gaßner, G. und K. Hassebrauk. Beiträge zur Kenntnis des Spargelrostes. Gartenbauwissenschaft, **8**, 1934. 455.

3 Gaßner, G. und K. Hassebrauk. Über Spargelrost und seine Bekämpfung. D. Landwirtsch. Presse, **61**, 1934. 215.

4 Hassebrauk, K. Über die Eignung und Bewertung von Kupferoxychlorid als Spargelrostbekämpfungsmittel sowie einige andere Beobachtungen zum Spargelrost. Gartenbauwissenschaft, **12**. 1938. 1.

5 Hassebrauk, K. Beiträge zur chemischen Bekämpfung von Rost auf Kulturpflanzen. Angew. Botan., **20**, 1938. 366.

6 Heald, H. Manual of Plant Diseases. N. Y. 1926.

7 Hubert, K. Maßnahmen zur Spargelrostbekämpfung. Gartenbauwirtschaft 1938. No. 13 und 17.

8 Hülsenberg, H. Die Bekämpfung des Spargelrostes (Puccinia asparagi DC) in der Provinz Sachsen. Ztschr. Pflanzenkrankh., **45**, 1935. 97.

9 Hülsenberg, H. Zur Frage der Spargelrostbekämpfung mit kupferhaltigen Spritzbrühen. Nachr. über Schädlingsbek., **14**, 1939. 65.

10 Jahnel, H. Spritzaktion zur Bekämpfung des Spargelrostes. Die kranke Pflanze 1938. 195.

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
der Universität Leipzig
Direktor: Prof. Dr. Knoll

Die Rostpilze der wichtigsten zur Samengewinnung angebauten Futtergräser

Von

E. Mühle

Von den Rostpilzen der Gramineen haben bisher die Getreideroste eine eingehende Bearbeitung erfahren, während den speziellen Rostpilzen unserer wichtigsten Futtergräser nach den grundlegenden, z. T. mehrere Jahrzehnte zurückliegenden Arbeiten von Eriksson (13—21) in neuerer Zeit geringere Beachtung geschenkt worden ist. Dieser Mangel beginnt heute bereits deutlich zu werden, da Rostpilze in den letzten Jahren mehrfach in den Grassamenbeständen in größerem Ausmaße aufgetreten sind, ohne daß es möglich war, ihnen mit entsprechenden Maßnahmen zu begegnen. Während uns für die Bearbeitung vieler Gräserkrankheiten bereits brauchbare Grundlagen zur Verfügung stehen, ist es beim Auftreten der Rostkrankheiten oft schon schwierig, eine einwandfreie Artbestimmung durchzuführen. In gewissen Fällen ist diese vor allem dadurch erschwert, daß sich die in der Literatur vorhandenen Angaben entweder als sehr lückenhaft erweisen oder sich auf Grund von Nomenklaturverschiedenheiten sogar widersprechen. Außerdem liegen manche Arbeiten bereits so weit zurück, daß die mitgeteilten Ergebnisse einer Nachprüfung bedürfen, bevor sie für weitere Untersuchungen verwendet werden können.

Ziel und Zweck der vorliegenden Arbeit ist es, das über die Rostkrankheiten unserer wichtigsten Futtergräser vorhandene Schrifttum zusammenzufassen. Dadurch soll einmal ein besserer Überblick über die an den Futtergräsern bisher festgestellten Rostkrankheiten gewonnen werden, zum anderen gehen aus einer solchen Zusammenfassung auch die Aufgaben hervor, die uns heute bei der Erforschung der Gräserroste gestellt sind.

1. Die auf Futtergräsern auftretenden Rostpilze der Getreidearten

Bei den unsere Futtergräser befallenden Rostpilzen können wir nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens Arten unterscheiden, die

zahlreiche Gramineen befallen und solche, die strenger auf bestimmte Gräser spezialisiert sind. Unter ersteren finden wir besonders Rostpilze der Hauptgetreidearten. Ihr gleichzeitiges Auftreten auf Gräsern zeigt, „daß die Getreideroste eine viel größere Reichweite besitzen, als früher angenommen wurde“ und daß „die biologischen Arten keineswegs immer scharf fixiert sind“, sondern „die Wirtskreise der einzelnen biologischen Arten sich überschneiden können“ (31).

Aus der Reihe der Getreideroste soll zunächst der Schwarzrost *Puccinia graminis* Pers. berücksichtigt werden. Von besonderer Wichtigkeit ist bei ihm anfangs die Frage nach seiner Spezialisierung. Die Tatsache, daß diese, wie u. a. auch Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) ausführen, heute noch nicht als endgültig geklärt angesehen werden kann, ist für den Grassamenbau insofern sehr bedeutsam, als einige Varietäten des Schwarzrostes gefunden worden sind, die ausschließlich auf bestimmte Gräser spezialisiert zu sein scheinen. Leider liegen, soweit wir unterrichtet sind, gerade über diese Varietäten keine neueren Untersuchungen vor.

Nach Eriksson (18) kennen wir in Europa gegenwärtig neun Varietäten bzw. *formae speciales* des Schwarzrostes, und zwar: *tritici, secalis, avenae, airae, agrostis, poae, epigaei, aperae* und *arrhenatheri*, während Levine-Cotter (46) für Nordamerika die sechs *formae speciales: tritici, avenae, secalis, poae, agrostidis* und *phlei-pratensis* anführen. Wir müssen uns hier in erster Linie mit den Varietäten *tritici, avenae, agrostis, poae, arrhenatheri* und — falls es sich nicht um eine besondere Rostart handelt — *phlei-pratensis* befassen, während die übrigen Varietäten entweder auf wichtigen Gräsern noch nicht beobachtet worden sind oder Gramineen befallen, die in diesem Zusammenhang unbeachtet bleiben sollen.

Für den Schwarzrost des Weizens *Puccinia graminis tritici* wird als Wirtspflanze unter den für uns wichtigen Gräsern vor allem *Lolium perenne* (20) genannt. Klebahn (42) führt u. a. ferner *Agrostis alba* und — jedoch als unsicher — *Dactylis glomerata* an. Hassebrauk (32) konnte mit der von ihm verwandten Rostrasse auf keinem der genannten Gräser eine eindeutige Infektion erzielen. Futtergräser, die vom Schwarzrost des Hafers *Puccinia graminis avenae* befallen werden, sind nach Eriksson (15, 19) *Alopecurus pratensis, Avena elatior* und *Dactylis glomerata*, die auch von Klebahn (42) genannt werden. Von ihnen soll sich *Dactylis glomerata* nach Köhler (44) durch eine besonders starke Anfälligkeit auszeichnen. Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) führen als Wirtspflanzen des Haferschwarzrostes u. a. die wirtschaftlich wichtigen Gräsergattungen *Agrostis, Alopecurus, Arrhenatherum, Bromus, Dactylis, Festuca* und *Phalaris* an. Von den Wirtspflanzen des Straußgras-Schwarzrostes *Puccinia graminis agrostidis* muß vor allem *Agrostis alba* erwähnt werden. Roemer-Fuchs-

Isenbeck (61) nennen außerdem als Wirtspflanzengattungen dieser Rostvarietät *Alopecurus* und *Dactylis*. Die Schwarzrostvarietät *Puccinia graminis poae* befällt nach den Untersuchungen von Eriksson (19) die Gattung *Poa* mit der als Futterpflanze wichtigen Wiesenrispe *Poa pratensis*. Unter den Wirtspflanzen von *Puccinia graminis arrhenatheri* schließlich muß besonders auf *Avena elatior*, den Glatthafer, hingewiesen werden (19).

Die für das Lieschgras verschiedentlich genannte Varietät des Schwarzrostes *Puccinia graminis phlei-pratensis* scheint eine besondere Stellung einzunehmen, da sie vielfach als eine selbständige Rostart angesprochen wird. Besonders Eriksson (17, 19) ist auf Grund seiner Untersuchungen zu der Überzeugung gelangt, daß dieser Rost als eine besondere Art betrachtet werden muß, was auch von Schoyen (65) und Radulescu (59, 60) angenommen wird, während amerikanische Autoren wie Barker (4), Hayes (34), Stakman u. a. (66ff.) diesen Rost nach wie vor als eine Varietät des Schwarzrostes ansehen und ihn auch Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) in ihrer Übersicht als Schwarzrostvarietät aufführen. Letztere scheinen insbesondere auf den Angaben von Levine und Cotter (46) zu fußen. Bei Köhler (44) ist der Lieschgrasrost sowohl als selbständige Art wie auch als Varietät des Schwarzrostes zu finden. Eriksson (17) begründet seine Auffassung durch die Tatsache, daß die für die übrigen Varietäten des Schwarzrostes als Zwischenwirt erkannte *Berberis vulgaris* für den Lieschgrasrost ausscheidet, worauf allerdings auch Barker-Hayes (4) und Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) hinweisen.

Genauer als über den Schwarzrost sind wir bezüglich seiner Spezialisierung über den Gelbrost *Puccinia glumarum* (Schm.) Erikss. und Henn. unterrichtet. Eriksson und Henning (21) unterschieden anfangs zwei, Eriksson (19) später fünf Varietäten, und zwar *tritici*, *secalis*, *hordei*, *elymi* und *agropyri*. Hiervon interessieren in erster Linie die beiden Varietäten *tritici* und *hordei*. Obwohl Straib (73) darauf hinweist, daß auch eine Aufteilung des Gelbrostes in diese beiden Varietäten keinen systematischen Wert mehr hat, halten Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) doch noch an dieser Aufteilung fest, da den an der Gerste auftretenden physiologischen Rassen des Gelbrostes im Rahmen aller bekannt gewordenen Gelbrostrassen insofern eine besondere Stellung zukommt, als sie „vorzugsweise auf Gerstensorten vorkommen".

Der Wirtspflanzenbereich des Gelbrostes ist bei uns vor allem von Straib (73, 74) und Hassebrauk (32) erforscht worden. Straib (73), der mit den Rassen 2, 4 und 24 arbeitete, wobei 2 etwa der Varietät *tritici* und 24 etwa der Varietät *hordei* entsprechen, erhielt unter den Futtergräsern an *Avena elatior* und *Phalaris arundinacea* Befall. Es kam allerdings nur zu Nekrosenbildungen. Mit weiteren Gelbrostrassen ge-

langen Straib auch Infektionen an *Bromus inermis* (74). Hassebrauk (32) erzielte mit der Gelbrostrasse 4 auf *Phalaris* in einigen Fällen auch eine schwache Pustelbildung und konnte in den Infektionsbereich ebenfalls *Bromus inermis* erfolgreich einbeziehen. Beide Gräser zeigten starke Unterschiede in ihrer Resistenz. Kirchner (40) führt als Wirtspflanze von *Puccinia glumarum* auch den Goldhafer *Avena flavescens* an. Diese Angabe bedarf jedoch einer Nachprüfung. Schließlich sei darauf hingewiesen, daß Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) in ihrer Übersicht für *Puccinia glumarum tritici* ebenfalls die Gattungen *Bromus* und *Phalaris*, für *Puccinia glumarum hordei* neben den Gattungen *Bromus* und *Phalaris* auch die für uns wichtigen Gattungen *Arrhenatherum* und *Festuca* als Wirtspflanzen nennen.

Gegenüber Schwarzrost und Gelbrost haben die Braunroste von Roggen und Weizen, *Puccinia dispersa* (= *Puccinia secalina*) Erikss. und Henn. und *Puccinia triticina* Erikss. als Gräserroste nach dem gegenwärtigen Stand der Forschung nur sehr geringe Bedeutung. Dasselbe gilt für den Zwergrost der Gerste *Puccinia simplex* (Körn.) Erikss. und Henn. Bereits Eriksson und Henning (20) fanden, daß sich diese drei Roste nicht auf Gräser übertragen lassen. Diese Feststellungen wurden von Hassebrauk (31) bestätigt. Alle von ihm mit diesen drei Rostarten an Gräsern vorgenommenen Infektionen verliefen negativ. Ähnlich erging es Hey (35), als er den Wirtspflanzenbereich von *Puccinia simplex* prüfte. Er verweist auf eine Arbeit von Mains (49), der mit *Puccinia simplex* eine sehr große Anzahl von Gräsern infizierte, ohne ein positives Ergebnis zu erzielen. Den negativen Befunden stehen die Angaben Ward's (50) gegenüber, der von einem Auftreten der *Puccinia dispersa* auf der Gattung *Bromus* berichtet. Nach Straib[1]) soll es sich jedoch bei Ward's *Puccinia dispersa* um *Puccinia symphyti-bromorum* F. Müll. handeln. Auch Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) führen die Gattung Bromus unter den Wirtspflanzen des Roggenbraunrostes an. In den Wirtspflanzenbereich des Weizenbraunrostes beziehen sie ferner die für uns wichtige Gräsergattung *Festuca* ein. Diese positiven Befunde bedürfen jedoch einer Nachprüfung und scheinen nur für außereuropäische Verhältnisse zu gelten.

Von den Getreiderosten, die auch auf Gräsern auftreten, bleibt noch der Kronenrost zu berücksichtigen. Er gibt uns gegenwärtig wohl noch die meisten Probleme auf. Besondere Schwierigkeiten bereitet zunächst die Frage nach seiner Spezialisierung. Da eine zusammenfassende Darstellung der neuesten diesbezüglichen Erkenntnisse noch aussteht, sind wir zurzeit noch auf die in vieler Beziehung unzulänglich gewordene, auf Klebahn und Eriksson zurückgreifende Zusammenstellung von Mühlethaler (55) angewiesen. Danach kennen wir vom Kronenrost

[1]) Schriftliche Mitteilung von Herrn Dr. Straib.

fünf Arten, von denen in diesem Zusammenhange nur *Puccinia coronifera* Kleb. und *Puccinia coronata* Cda. Bedeutung haben. Für die Trennung dieser Arten ist in erster Linie ihr verschiedenes Verhalten gegenüber den Arten ihres Wechselwirts, der Gattung *Rhamnus*, als entscheidend angesehen worden. Als Wechselwirte von *Puccinia coronifera* gelten *Rhamnus*-arten der Gruppe *Cervispina* und *Rhamnus Imeretina hort. Puccinia coronata* dagegen hat als Nebenwirte außer *Rhamnus Imeretina* die Gruppen *Frangula* und *Alaternus*.

Für *Puccinia coronifera* führt Mühlethaler (55) die neun Varietäten *avenae, alopecuri, festucae, lolii, glyceriae, agropyri, epigaei, holci* und *bromi* an. Von diesen ist hier zunächst *Puccinia coronifera avenae* wichtig. Diese Varietät, die als Zwischenwirt *Rhamnus cathartica* hat, sollte nach Klebahn (42) und Eriksson (16, 18, 19) streng auf *Avena sativa* spezialisiert sein. Frenzel (25) prüfte diese Angaben nach, indem er eine Reihe von Gräsern mit 14 Rassen dieses Haferkronenrostes infizierte. Dabei erhielt er u. a. auf *Alopecurus pratensis, Dactylis glomerata, Phleum pratense* und *Poa pratensis* Chlorosen und Nekrosen. Hassebrauk (31) hatte u. a. mit dieser Kronenrostvarietät positive Ergebnisse bei *Avena elatior, Avena flavescens, Dactylis glomerata* und *Phleum pratense*, wobei er ein sehr unterschiedliches Verhalten der Einzelpflanzen und einzelner Herkünfte beobachten konnte.

Von den übrigen Varietäten von *Puccinia coronifera* ist zunächst die Varietät *alopecuri* erwähnenswert, die auf *Alopecurus* vorkommt, außerdem die Varietät *festucae*, die neben anderen Arten der Gattung *Festuca* auch auf *Festuca pratensis* festgestellt worden ist, ferner die Varietät *lolii* auf *Lolium perenne* — in der Schweiz angeblich auch auf *Festuca pratensis* und nach der Aufstellung von Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) auch auf den Gattungen *Dactylis* und *Phalaris* — und schließlich die Varietät *bromi*, die neben anderen *Bromus*arten auch *Bromus inermis* befällt.

Für *Puccinia coronata* nennt Mühlethaler (55) drei bzw. fünf Varietäten, von denen hier nur *Puccinia coronata phalaridis* erwähnt zu werden braucht. Valle (78, 78a) weist darauf hin, daß *Puccinia coronata* in Finnland vor allem *Festuca pratensis* befällt und dabei insbesondere im Spätsommer große Schäden verursacht. Wahrscheinlich handelt es sich hierbei um die bisher als *Puccinia coronifera festucae* bezeichnete Varietät des Kronenrostes.

In Kanada konnte *Puccinia coronata* nach Roemer-Fuchs-Isenbeck (61) von Fraser-Ledingham (23) in vier Varietäten aufgeteilt werden. Von wichtigen Gräsern, die von ihnen befallen werden, sind insbesondere *Dactylis glomerata* und *Phleum pratense* zu nennen.

Mühlethalers Aufteilung der Kronenroste ist nach den neuen Veröffentlichungen von Straib (75, 76) in vieler Beziehung hinfällig geworden. Durch diese Untersuchungen wurde zunächst der bisher festge-

stellte Wirtsbereich des Haferkronenrostes erweitert, indem auch der für uns wichtige Glatthafer *Avena elatior* einbezogen werden konnte, vor allem aber wurde durch sie festgestellt, daß es nicht mehr möglich ist, „die von Klebahn vorgenommene Zweiteilung der alten *Puccinia coronata* Corda in *Puccinia coronata* (Cda.) Kleb. und *Puccinia coronifera* Kleb. aufrecht zu erhalten". Damit ist einmal der Anschluß an die Untersuchungsergebnisse amerikanischer Forscher gefunden, die festgestellt hatten, daß der Haferkronenrost auch in USA. nur aus einer einzigen Art, *Puccinia coronata* Corda, besteht, die auf 14 verschiedenen *Rhamnus*-arten Äcidien hervorbringen kann. Zum anderen ist damit endlich die Möglichkeit gegeben, die nomenklatorischen Unzulänglichkeiten und die daraus sich ergebenden Unklarheiten bei der Erfassung der Kronenrostvarietäten der einzelnen Gramineen zu beseitigen.

2. Die speziellen Rostpilze der Futtergräser

Neben den Getreiderosten gibt es noch eine Reihe von Rostarten, die nur auf bestimmte Gräser spezialisiert sind. Von den Gräsern, die am meisten unter diesen Rostarten zu leiden haben und bei denen das Rostauftreten verschiedentlich bereits wirtschaftliche Bedeutung erlangt hat, sind *Phleum pratense*, *Poa sp.*, insbesondere *Poa pratensis*, ferner *Festuca pratensis* und *Alopecurus pratensis* zu nennen.

Der auf *Phleum pratense* auftretende Rost ist schon bei der Besprechung der Schwarzrostvarietäten berücksichtigt worden. Wie dort bereits vermerkt wurde, ist aus der Literatur noch nicht eindeutig zu entnehmen, ob er wirklich nur eine Varietät des Schwarzrostes *(Puccinia graminis phlei-pratensis)* darstellt, oder ob wir in ihm eine selbständige Rostart *(Puccinia phlei-pratensis)* vor uns haben. Eriksson (19) erwähnt, daß dieser Rost auch auf *Festuca pratensis* beobachtet worden ist und mit ihm in Amerika auch Übertragungsversuche auf *Dactylis glomerata*, *Avena elatior* u. a. gelungen sind. Die Uredolager sind braun und haben große Ähnlichkeit mit denen des Schwarzrostes, die Teleutolager sind schwarz und zeigen eine geringere Ausdehnung als beim Schwarzrost. Während der Lieschgrasrost bei uns bisher nur vereinzelt in größerem Ausmaße festgestellt werden konnte, berichtet Eriksson (19) von großen Schäden, die durch diesen Rost um die Jahrhundertwende in Nordamerika verursacht worden sind. Weitere Mitteilungen über das Auftreten des Lieschgrasrostes liegen insbesondere von Bird (5), Radulescu (59, 60) und Saulescu (62) vor, von denen er, wie schon erwähnt, ebenfalls als selbständige Rostart aufgefaßt wird. Nachdem Barker und Hayes (4) bereits festgestellt hatten, daß bei diesem Rost die Resistenz über Anfälligkeit dominiert, machte Radulescu (60) exakte Angaben über die durch diesen Rost möglichen Ertragsausfälle. Nach ihm

variierte der Ertrag resistenter Klone zwischen 3,307 und 6,458 kg, während der Ertrag anfälliger Klone nur zwischen 0,953 und 3,092 kg lag. Saulescu (62) weist vor allem darauf hin, daß eine physiologische Spezialisierung für diesen Rost nicht zu existieren scheint. Daher kann eine erfolgreiche Resistenzzüchtung ohne große Schwierigkeiten durchgeführt werden, worauf Witte (82) schon 1912 aufmerksam gemacht hat.

Auf den Rispengräsern findet man mehrere spezielle Rostarten. Zunächst kennen wir auf diesen eine schon erwähnte Varietät des Schwarzrostes, *Puccinia graminis poae* Erikss. Neben dieser wird von Eriksson (19) die selbständige Art *Puccinia poarum* Niels. aufgeführt, die ihre orangegelben Uredolager oberseits und die Teleutolager auf beiden Seiten der Blätter verschiedener *Poa*-Arten ausbildet und als wesentlicher Erreger der Rostkrankheiten unserer einheimischen Wiesenrispenbestände anzusehen ist. Die Uredogeneration soll überwintern können. Als Zwischenwirt wird *Tussilago farfara* genannt.

Auf *Poa sp.* kommt nun aber auch noch ein Rostpilz aus der Gattung *Uromyces* vor, und zwar *Uromyces poae* Rabh. Als Wirtspflanze erwähnt Eriksson (19) unter den für uns wichtigen Arten nur *Poa trivialis*. Appel (1) dagegen führt auch *Poa pratensis* an und unterscheidet vier spezialisierte Formen dieses Rostes. Die eine soll nur auf *Poa pratensis* und *Poa nemoralis* vorkommen, die zweite nur auf *Poa palustris* und *Poa trivialis*, die dritte nur auf *Poa palustris* und *Poa annua* und die vierte schließlich nur auf *Poa trivialis*. Nach einer neuesten Darstellung von Gäumann (25a) existieren von *Uromyces poae* heute acht „sowohl in der Haplo- als in der Diplophase scharf spezialisierte Rassen“. Sie bilden hinsichtlich ihrer Wirtswahl „zunächst zwei Gruppen, deren eine *Ranunculus Ficaria* (und nur diese) bewohnt, und deren andere *Ranunculus*arten der *bulbosus-repens*-Gruppe befällt“. Von diesen acht Rassen gehen uns insbesondere die auf *Poa pratensis* vorkommenden *formae speciales Ficariae-pratensis* Bub., *repenti-pratensis* Gäumann, *auricomi-pratensis* Juel und *cassubici-pratensis* Juel an.

Kirchner (40) berücksichtigt außer den genannten Rostarten und -varietäten für die Rispengräser noch *Puccinia persistens* Plowr., *Puccinia cognatella* Bub., *Puccinia petasiti-pulchellae* Lüd. und *Puccinia poae trivialis* Bub. Von diesen soll *Puccinia persistens* in den Jahren 1922—1924 in Ostpreußen aufgetreten sein. Alle diese Angaben bedürfen jedoch einer Nachprüfung.

Über die an den Rispengräsern durch die einzelnen Rostarten angerichteten Schäden sind in der Literatur keine näheren zuverlässigen Angaben vorhanden. Nach Mitteilungen der Anbauer und eigenen Beobachtungen hatten jedoch gerade die Rispengräser in den letzten Jahren — insbesondere bei lang anhaltender nasser Witterung — sehr stark unter

Rostbefall zu leiden. Der Rost trat dabei entweder kurz vor der Samenreife oder im Nachwuchs auf. Im ersten Falle beeinträchtigte er vor allem die Samenbildung in erheblichem Maße. Nach der Samenernte hatte der Rost im Jahre 1938 verschiedentlich so starke Schäden verursacht, daß die befallenen Flächen umgebrochen werden mußten. Soweit sich feststellen ließ, handelt es sich vor allem um *Puccinia poarum* Niels., die auch in diesem Jahre (1941) wieder sehr stark aufgetreten ist. Sie scheint die Rostart zu sein, der wir bei der Wiesenrispe in Deutschland zukünftig in erster Linie unsere Aufmerksamkeit schenken müssen.

Eine weitere Grasart, die häufig unter Rostbefall zu leiden hat, ist das Rohrglanzgras *Phalaris arundinacea*. Dieses Gras ist vor allem deshalb bemerkenswert, weil es auf Grund seines feuchten, für das Auftreten von Rostpilzen günstigen Standortes einer großen Anzahl von Rostpilzen als Wirtspflanze dient und unser Wissen auch hier noch sehr lückenhaft ist. Insbesondere muß die Frage geklärt werden, ob die bisher auf *Phalaris* festgestellten Roste wirklich selbständige Arten darstellen, oder ob sie vielleicht doch näher miteinander verwandt sind. Eine Zusammenstellung dieser Roste, die verschiedene Monokotylen als Zwischenwirte haben, gibt Klebahn (42). Er führt an: *Puccinia Allii-Phalaridis*. *Puccinia-Ari-Phalaridis* Plowr., *Puccinia Convallariae-Digraphidis* (Sopp.) Kleb., *Puccinia linearis* Rob., *Puccinia Paridi-Digraphidis* Plowr., *Puccinia Smilacearum-Digraphidis* Kleb., *Puccinia Schmidtiana* Dietel, *Puccinia Orchidearum-Phalaridis* Kleb., *Puccinia sessilis* Schneid., *Puccinia Winteriana* Mayn, *Puccinia coronata Phalaridis* Kleb. Von diesen sollen *Puccinia linearis*, *Puccinia sessilis*, *Puccinia Winteriana* der Rostart *Puccinia Allii-Phalaridis* synonym sein, während *Puccinia Smilacearum-Digraphidis*, *Puccinia Convallariae-Digraphidis* und *Puccinia Paridi-Digraphidis* erst durch Klebahn (42) aus der früheren Art *Puccinia Digraphidis* differenziert wurden. Über *Puccinia sessilis* Schneid. liegt eine Arbeit von Magnus (47) vor, der den Artenreichtum der Rostpilze auf dem Rohrglanzgras bestätigt.

Von den übrigen auf den wichtigsten Futtergräsern spezialisierten Rostarten sind zunächst die beiden Roste von *Dactylis glomerata* zu erwähnen, *Puccinia dactylidina* Bub. und *Uromyces dactylidis* Otth. (42, 44). Erstere bildet rostbraune Uredo- und schwarze Teleutolager auf beiden Blattseiten von *Dactylis glomerata*. Ein Zwischenwirt dieses Rostes ist nicht bekannt. Von *Uromyces dactylidis* existieren nach einer neuen Arbeit von Gäumann (25a) sechs biologische Formen. Die Rostart hat sehr kleine, dichtsitzende orangefarbene Uredo- und schwarze Teleutolager, ähnlich wie *Uromyces poae* auf den Blättern und Blattscheiden seiner Wirtspflanze. Als Zwischenwirt dienen ihr verschiedene *Ranunculus*arten. Das wichtigste Unterscheidungsmerkmal zwischen den beiden Rostgattungen auf *Dactylis glomerata* stellen wie bei den Rostgattungen

auf *Poa* die Teleutosporen dar, die bei der Gattung *Uromyces* einzellig, bei der Gattung *Puccinia* zweizellig sind.

Weitere, wahrscheinlich streng spezialisierte Rostarten kennen wir von *Avena elatior* und *Avena flavescens*. Auf *Avena elatior* tritt der Rostpilz *Puccinia arrhenatheri* (Kleb.) Erikss. mit rostfarbenen Uredolagern auf gelben Flecken der Blattoberseite und kleinen schwarzen Teleutolagern auf der Blattunterseite auf. Als Zwischenwirt dient diesem Rost die Berberitze *Berberis vulgaris*, auf der er perenniert und deren befallene Triebe durch ihn hexenbesenartig deformiert werden (44). Über den Rost des Goldhafers, *Puccinia triseti* Erikss., ist noch wenig bekannt. Die Sommersporen finden sich als bräunlichgelbe Häufchen besonders blattoberseits, während sich die schwarzbraunen Wintersporenlager auf der Unterseite der Blätter zeigen.

Auf *Alopecurus pratensis* ist als spezieller Rost *Puccinia perplexans* Plowr. festgestellt worden. Die rostfarbenen Uredolager entstehen beiderseits auf gelblichen Blattflecken, die Teleutosporen erscheinen in glänzend schwarzbraunen Lagern auf der Unterseite der Blätter von *Alopecurus pratensis*. Als Zwischenwirt wird *Ranunculus acer* angegeben.

Für *Agrostis alba* ist als spezielle Rostart *Puccinia agrostis* Plowr. zu nennen, die aber auch auf *Agrostis vulgaris* vorkommt. Die Sommersporenlager sind hellorangefarben und zeigen sich mit den dunkelbraunen, oft runzelförmig angeordneten Teleutolagern auf beiden Seiten der Blätter. Als Zwischenwirt dieses Rostes kommen verschiedene *Aquilegia*-Arten in Betracht.

Am Schluß dieser Zusammenfassung müssen nun noch die speziellen Roste der beiden Gräsergattungen *Bromus* und *Festuca* aufgeführt werden. Auf *Bromus spec.* ist *Puccinia symphyti-bromorum* Müll. gefunden worden, der nach Eriksson (19) verschiedentlich mit *Puccinia bromina* identifiziert wird und auf den verschiedenen *Bromus*-Arten verschiedene spezialisierte Formen haben soll. Die Uredolager sind braun und treten blattoberseits auf, die Teleutosporen finden sich auf der Blattunterseite. Als Zwischenwirte hat diese Rostart *Symphytum officinale*, *Lithospermum arvense* und *Pulmonaria montana*.

Der Schwingelrost, *Puccinia festucae* Plowr., bildet seine Sporen blattoberseits aus. Die Uredolager sind braunorange, die Teleutolager dunkelbraun. Als wichtigste Wirtspflanzen dieser Rostart werden *Festuca rubra*, *F. ovina* u. a. angeführt. Über sein Auftreten auf dem als Futterpflanze wichtigen Wiesenschwingel *Festuca pratensis* liegen keine Berichte vor. Für *Festuca rubra* hat nach Kirchner (40) schließlich noch *Uromyces festucae* Syd. Bedeutung, der neuerdings von Gäumann (25a) ebenfalls näher untersucht worden ist und genau so wie *U. poae* und *U. dactylidis* in scharf spezialisierte Rassen zerfällt. Dieser Rost ist nach Valle (78a) in jüngerer Zeit vor allem in Finnland aufgetreten.

Grasart	Beobachtete Rostarten bzw. Varietäten	Schrifttum (–) = negativer Befund
Agrostis alba	*Puccinia graminis*	1
	Puccinia graminis tritici	42, 32 (—)
	Puccinia graminis agrostis (=agrostidis)	42
	Puccinia graminis avenae (Gatt. *Agrostis)*	61
	Puccinia agrostis	42, 44
	Puccinia coronata agrostis	42
	Puccinia coronata	1, 44
Alopecurus pratensis	*Puccinia graminis*	1
	Puccinia graminis avenae	15, 19, 42 (61)
	Puccinia graminis agrostis (Gatt. *Alopecurus)*	61
	Puccinia graminis phlei-pratensis (Gatt. *Alopecurus)*	61
	Puccinia coronifera alopecuri	42
	Puccinia coronifera avenae	25, 61
	Puccinia perplexans	42, 44
Avena elatior	*Puccinia graminis*	1
	Puccinia graminis avenae	15, 19, 42
	Puccinia graminis arrhenatheri	19, 20, 42
	Puccinia phlei-pratensis (in Amerika) .	15
	Puccinia glumarum	73
	Puccinia coronifera avenae? (Gatt. *Avena)*	61
	Puccinia coronata	75
	Puccinia arrhenatherum	1, 42
Avena (Trisetum) flavescens	*Puccinia glumarum*	40
	Puccinia coronifera avenae? (Gatt. *Avena)*	61
	Puccinia triseti	42, 44
Bromus inermis	*Puccinia graminis avenae, P. graminis tritici, P. graminis secalis, P. graminis agrostis* (Gatt. *Bromus)*	61
	Puccinia glumarum	1, 32, 61, 73, 74
	Puccinia secalina (dispersa)	44, 50, 61
	Puccinia coronifera bromi	55
	Puccinia symphyti-bromorum (=P. bromina?)	1, 42, 44
Dactylis glomerata	*Puccinia graminis tritici* (?)	42, 32 (—)
	Puccinia graminis avenae	15, 19, 42, 44, 61
	Puccinia graminis agrostis (Gatt. *Dactylis)*	61
	Puccinia graminis phlei-pratensis (in Amerika)	15, 61
	Puccinia coronifera lolii (Gatt. *Dactylis)*	1, 61
	Puccinia coronifera avenae	25
	Puccinia coronata	1, 40, 42, 61
	Puccinia dactylina	44
	Uromyces dactylidis	25a, 42, 44

Grasart	Beobachtete Rostarten bzw. Varietäten	Schrifttum (—) = negativer Befund
Festuca pratensis elatior	*Puccinia graminis avenae* (Gatt. *Festuca*)	61
	Puccinia phlei-pratensis (evtl. a. *F. rubra*)	14, 42, 61
	Puccinia glumarum hordei (Gatt. *Festuca*)	61, 73 (—)
	Puccinia triticina (Gatt. *Festuca*) . . .	61
	Puccinia coronifera alopecuri	55
	Puccinia coronifera lolii (Gatt. *Festuca*)	61
	Puccinia coronifera avenae (Gatt. *Festuca*)	61
	Puccinia coronifera festucae	42, 44
	Puccinia coronata	1
	Puccinia festucae (auch auf *F. rubra*) .	1, 40, 42, 44
	Uromyces festucae (auch auf *F. rubra*) .	25a, 40, 78a
Lolium perenne	*Puccinia graminis tritici*	20, 32 (—)
	Puccinia graminis avenae	44
	Puccinia coronifera lolii (auch an *Lolium italicum*)	42, 44 (?), 61
Phalaris arundinacea	*Puccinia graminis avenae* (Gatt. *Phalaris*)	61
	Puccinia glumarum	32, 61, 73
	Puccinia coronata phalaridis	42, 44, (?)
	Puccinia Allii-Phalaridis, syn.: P. linearis, P. sessilis, P. Winteriana . . .	42
	Puccinia Ari-Phalaridis	
	Puccinia Convallariae-Digraphidis . . .	
	Puccinia Paridi-Digraphidis	
	Puccinia Smilacearum-Digraphidis . . .	
	Puccinia Schmidtiana	
	Puccinia Orchidearum Phalaridis . . .	
	Puccinia coronata Phalaridis	
Phleum pratense	*Puccinia phlei-pratensis* (= *P. graminis phlei-pratensis*)	1, 4, 5, 14, 42, 44, 59, 60, 62
	Puccinia graminis avenae	15
	Puccinia coronifera avenae	25
	Puccinia coronata	61
Poa pratensis	*Puccinia graminis*	40, 42
	Puccinia graminis poae	19, 42, 61
	Puccinia poarum (auch an *P. trivialis*) .	40, 42, 44
	Uromyces poae (auch an *Poa trivialis*) .	1, 25a, 40, 42, 44
	Puccinia coronata	40
	Puccinia persistens (?), *P. cognatella* (?), *P. petasiti-pulchellae* (?)	40
	Puccinia poae trivialis (?) (an *Poa trivialis*)	40

3. Folgerungen und Aufgaben

Aus der bisherigen Darstellung ergibt sich, daß alle wichtigen Futtergräser von mehreren Rostpilzen befallen werden können. Eine Zusammenstellung der auf den einzelnen Gräsern von den verschiedenen Autoren beobachteten Rostarten und -varietäten möge die auf S. 93 und 94 aufgeführte Übersicht geben.

Von diesen Rostarten sind nach Mitteilungen der Biologischen Reichsanstalt („Krankheiten und Beschädigungen der Kulturpflanzen"), den uns zugegangenen Berichten und eigenen Beobachtungen im Reichsgebiet während der letzten zwanzig Jahre auf wichtigen Futtergräsern beobachtet worden:

Puccinia graminis	auf	*Agrostis alba*
		Alopecurus pratensis
		Avena elatior
		Avena flavescens
		Bromus inermis
		Dactylis glomerata
		Festuca ovina
		Lolium perenne
		Phalaris arundinacea
Puccinia coronata	auf	*Agrostis alba*
		Alopecurus pratensis
		Avena elatior
		Dactylis glomerata
		Festuca pratensis
		Lolium italicum
		Lolium perenne
Puccinia bromivora	auf	*Bromus inermis*
Puccinia festucae	auf	*Festuca ovina*
		Festuca rubra
Puccinia persistens	auf	*Poa pratensis*
Puccinia phalaridis	auf	*Phalaris arundinacea*
Puccinia phlei-pratensis	auf	*Phleum pratense*
Puccinia poarum	auf	*Poa fertilis*
		Poa pratensis
Puccinia triseti	auf	*Avena flavescens*

Stärkere Schäden konnten durch Rostkrankheiten in den letzten Jahren insbesondere in den Beständen von *Alopecurus pratensis*, *Festuca pratensis*, *Lolium perenne*, *Phleum pratense* und *Poa pratensis* festgestellt werden.

Da eine Anzahl der in den beiden Übersichten verarbeiteten Angaben noch als sehr unzureichend oder — insbesondere in nomenklatorischer Beziehung — als unsicher angesehen werden muß, wäre es erwünscht, wenn derartige Mängel für die Zukunft so weit wie möglich ausgeschaltet werden könnten. Dazu muß vor allem nachgeprüft werden, inwieweit die für die einzelnen Gräser genannten Rostarten grundsätzlich

als Parasiten der aufgeführten Gramineen anzusehen sind und inwieweit es sich bei den bisherigen Feststellungen nur um zufällige Befunde gehandelt hat. Das gilt sowohl für die als Gräserschmarotzer genannten Getreideroste als auch für die auf den einzelnen Gräsern gefundenen speziellen Rostarten. Ergänzend hierzu wäre zu untersuchen, inwieweit die Futtergräser auch von Rostarten weniger wichtiger oder gar minderwertiger Gramineen infiziert werden können. In allen Fällen muß ein besonderer Wert auf die Nachbestimmung der Rostarten gelegt werden, da sich gerade hierbei manche Fehler in bisherigen Angaben herausstellen und auch neue Ergebnisse zeigen dürften.

Die Beseitigung der in obigen Übersichten vorhandenen Mängel wird erst nach langjährigen Bemühungen möglich sein. Deshalb ist es angebracht, gegenwärtig die dabei auftauchenden, weniger dringenden Fragen noch etwas zurückzustellen, damit auch anderen wichtigen Problemen, die uns die Gräserroste aufgeben, genügend Beachtung geschenkt werden kann. Denn einige Rostarten haben dem Grassamenbau in den letzten Jahren verschiedentlich bereits fühlbare Schäden zugefügt, zu deren Verhinderung oder Beseitigung schnellstens entsprechende Maßnahmen erarbeitet werden müssen.

Da eine Bekämpfung der Gramineenroste nach den Erfahrungen aus dem Getreidebau durch *chemische oder physikalische Mittel* nicht durchführbar ist, müssen wir uns vor allem mit den *vorbeugenden Maßnahmen* befassen. Von diesen verdienen zunächst die *Kulturmaßnahmen* eine gewisse Beachtung. Insbesondere muß geprüft werden, wie sich die *Boden- und Klimaverhältnisse, Düngung und Bearbeitungsmaßnahmen* auf den Rostbefall in Grassamenbeständen auswirken. Da Versuche hierüber noch nicht vorliegen, wird in mancher Beziehung auf die hierzu im Getreidebau erarbeiteten Erkenntnisse zurückgegriffen werden können. Allerdings muß dabei berücksichtigt werden, daß wir im Grassamenbau fast ausschließlich mehrjährige Kulturen vor uns haben, die für eine Anwendung von Kulturmaßnahmen verschiedentlich auch völlig neue Voraussetzungen schaffen. Es taucht hier beispielsweise die Frage auf, inwieweit einzelne Rostarten in den Beständen überwintern können. Ferner muß der Frage nachgegangen werden, inwieweit eine Infektion durch die in Frage kommenden Getreideroste von angrenzenden oder naheliegenden Getreidefeldern her möglich ist oder inwieweit umgekehrt Getreidefelder durch befallene Grassamenbestände angesteckt werden können.

Wie die Erfahrungen aus dem Getreidebau lehren, ist der sicherste Weg zur Bekämpfung der Rostkrankheiten noch immer die *Resistenzzüchtung*. Deshalb geht die Rostfrage in ganz besonderem Maße den Züchter an. Er muß zunächst wissen, bei welchen Gräsern die Rostresistenz ein dringendes Erfordernis darstellt. Dazu ist es notwendig,

ausreichende Unterlagen zur Erfassung der durch die Rostpilze verursachten unmittelbaren und mittelbaren Schäden zu beschaffen. Gerade hier klafft noch eine gewaltige Lücke. Während für außerdeutsche Verhältnisse verschiedentlich sogar schon eindeutige Versuchsergebnisse vorliegen, konnten Angaben, die über die bisher im Reichsgebiet durch Gräserrost verursachten Schäden Auskunft geben, in der Literatur nicht gefunden werden. Es war sogar nicht einmal möglich, danach den Kreis der Gräser genau zu bestimmen, die bei uns regelmäßig unter Rostbefall zu leiden haben.

Nach eindeutiger Feststellung der Rostpilze, deren wirtschaftliche Bedeutung eine Resistenzzüchtung erforderlich macht, muß die Frage nach der Vererbbarkeit der Rostresistenz bei den betreffenden Gräsern geprüft werden. Hier wird zwar bereits auf die Feststellungen ausländischer Autoren Bezug genommen werden können, die gefunden haben, daß beispielsweise bei *Phleum pratense* Rostresistenz gegenüber Anfälligkeit dominiert (4,60), doch wird es notwendig sein, zu prüfen, wie die Verhältnisse auch bei anderen in Frage kommenden Gräsern liegen.

Ein wichtiges Problem, das für den Züchter weiter auftaucht, ist die Frage nach dem Vorhandensein oder der Möglichkeit des Auftretens physiologischer Rassen der einzelnen Rostarten bzw. -varietäten. Auch hierüber liegen teilweise bereits ausländische Feststellungen vor, die beispielsweise für den Lieschgrasrost das Vorhandensein physiologischer Rassen verneinen (62).

Am Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß auch die Frage der Wirkung der Rostpilze auf unser Vieh noch nicht eindeutig geklärt ist. Für die Praxis hat diese Frage vor allem deshalb Bedeutung, weil die Rostkrankheiten in Grassamenbeständen insbesondere zu einer Zeit aufzutreten pflegen, da diese Flächen zur Futternutzung herangezogen werden. Dabei haben wir stets Monokulturen vor uns, in denen Rostsporen stets in viel größerem Umfange vorhanden sind als in den Mischkulturen der Wiesen und Weiden. Appel (1) glaubt zwar, daß rostiges Gras ohne nachteilige Folgen verfüttert werden kann und schließt dabei aus dem Verhalten der Tiere gegenüber Brandsporen, die ohne Schaden in großen Mengen verabreicht worden sind. Demgegenüber weisen Lehmann-Kummer-Dannemann (45) darauf hin, daß nach anderen Feststellungen stark rostiges Haferstroh bei Ochsen und Kühen Kolik und Darmschleimhautentzündungen, Freßunlust und Gebärmutterentzündungen hervorgerufen hat. Es ist also angebracht, exakte Fütterungsversuche zur Klärung dieser wichtigen Frage anzustellen.

Schrifttum

1 Appel, O.: Die Krankheiten der Futterpflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Gräser und Kleearten. — Beitr. z. Pflanzenzucht, 2, 31—64, 1912.

2 Bailey, D. L.: Physiologic specialization in *Puccinia graminis avenae* Erikss. and Hen. — Minn. Exp. Sta. Tech. Bull. 35, 1—33, 1925 (nach Roemer 1938).

3 Barfuß, K.: s. Hecke, L.

4 Barker, H. D. u. Hayes, H. K.: Rust resistance in Timothy. — Phytopath. 14, 363—371, 1924.

5 Bird, J. N.: Influence of rust injury on the vigour and yield of timothy. — Sci. Agriculture 14, 1934 (nach Radulescu 1935).

6 Bolley and Pritchard: Rust problems. — Targo 1906 (nach Hassebrauk 1932).

7 Brown, M. R.: A study of crown rust, *Puccinia coronata*, in Great Britain. — Ann. Appl. Biol. 24, 1937, 504—527 und 25, 1938, 506—527 (nach Straib 1940).

8 Butler, E. I. and Hayman, I. M.: Indian wheat rusts. — Calcutta 1901 (nach Hassebrauk 1932).

9 Carleton, M. A.: Cereal rusts of the United States. — U. S. Dept. of Agr. Bull. 16, 1—74, 1899 (nach Straib 1937).

10 Carleton, M. A.: Investigations of rust. — U. S. Dept. of Agr., Bur. of Plant Ind. Bull. 63, 1—32, 1904 (nach Straib 1937).

11 Dietz, S. M.: The alternata host of crown rust, *Puccinia coronata Corda.* — Jour. Agr. Res. 33, 953—970, 1926 (nach Frenzel 1930).

12 Dietz, S. M. and Leach, L. D.: Methods of eradicating Buckthorn *(Rhamnus)* susceptible to crown rust *(Puccinia coronata)* of oats. — U. S. Dept. Agr. Circ. 133, 15 pp. 1930 (nach Roemer 1938).

13 Eriksson, J.: Über die Spezialisierung des Parasitismus bei den Getreiderostpilzen. — Ber. D. Bot. G. 12, 292—331, 1894.

14 Eriksson, J.: Welche Grasarten können die Berberitze mit Rost anstecken? — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 6, 193—197, 1896.

15 Eriksson, J.: Weitere Beobachtungen über die Spezialisierung des Getreideschwarzrostes. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 7, 198—202, 1897.

16 Eriksson, J.: Neue Beobachtungen über die Natur und das Vorkommen des Kronenrostes. — Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, 291—308, 1897.

17 Eriksson, J.: Ist der Timotheegrasrost eine selbständige Rostart oder nicht? — Oeversigt af Kongl. Vetenskaps-Akademiens Förhandlingar 1902, Nr. 5, Stockholm Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 13, 299, 1903.

18 Eriksson, J.: Neue Beobachtungen über die Spezialisierung der grasbewohnenden Kronenrostformen. — Ark. Bot. 8, 1—26, 1909.

19 Eriksson, J.: Die Pilzkrankheiten der Kulturgewächse. — Stuttgart 1926.

20 Eriksson, J. und Henning, E.: Die Hauptresultate einer neuen Untersuchung über die Getreideroste. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 4, 66 ff. 1894.

21 Eriksson, J. und Henning, E.: Die Getreideroste, ihre Geschichte und Natur, sowie Maßregeln gegen dieselben. — Stockholm 1896.

22 Frank, A. B.: Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen. 2. Aufl. 1896.

23 Fraser, W. P. and Ledingham, G. H.: Studies on the crown rust, *Puccinia coronata* Corda. — Sci. Agr. 13, 313—323, 1932/33 (nach Straib 1937).

24 Freemann, E. M. and Johnson, E. C.: The rust of grains in the United States. — U. S. Dept. of Agr. Bur. of Plant Ind., Bull. 216, 1—87, 1911 (nach Straib 1937).

25 Frenzel, H.: Beiträge zur Spezialisierung des Haferkronenrostes, *Puccinia coronifera f. sp. avenae* Kleb. — Arb. Biol. Reichsanstalt 18, 153—176, 1930.

25a Gäumann, E.: Zur Kenntnis einiger Gräser bewohnenden *Uromyces*-Arten. — Phytopath. Zeitschr. 13, 1941, 505—516.

26 Gaßner, G.: Die Getreideroste und ihr Auftreten im subtropischen östlichen Südamerika. — Zentralbl. f. Bakt., Abt. II 44, 305, 1915.

27 Gaßner, G. und Appel, G. O.: Untersuchungen über die Infektionsbedingungen der Getreiderostpilze. — Arb. d. B. R.-A. 15, 417—436, 1927.

28 Gaßner, G. und Straib, W.: Untersuchungen über die Infektionsbedingungen von *Puccinia glumarum* und *Puccinia graminis*. — Arb. d. B. R.-A. 16, 609—629, 1929.

29 Gaßner, G. und Straib, W.: Die künstliche Rostinfektion von Freilandpflanzen und ihre Bedeutung für den Pflanzenzüchter. — Züchter 3, 240—243, 1931.

30 Gaßner, G. und Straib, W.: Weitere Untersuchungen über die biologischen Rassen und über die Spezialisierungsverhältnisse des Gelbrostes *Puccinia glumarum*. — Arb. d. B. R.-A. 21, 121—145, 1934.

31 Hassebrauk, K.: Gräserinfektionen mit Getreiderosten. — Arb. d. B. R.-A. 20, 165—182, 1932.

32 Hassebrauk, K.: Untersuchungen über die biologische Spezialisierung von *Puccinia graminis tritici* (Pers.) Erikss. et Henn. und *Puccinia graminis avenae* (Pers.) Erikss. et Henn. in Deutschland und Südeuropa. — Arb. d. B. R.-A. 22, 65—70, 1936.

33 Hecke, L.: Zur Frage der Überwinterung des Gelbrostes und das Zustandekommen von Rostjahren. — Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft 13, 213, 1915 (nach Hassebrauk 1932).

34 Hayes, H. K. and Stakman, E. C.: Rust resistance in timothy. — Journ. Amer. Soc. Agr. 11, 67—70, 1919 (nach Barker and Hayes 1924).

35 Hey, A.: Beiträge zur Spezialisierung des Gerstenzwergrostes, *Puccinia simplex* Erikss. et Henn. — Arb. d. B. R.-A. 19, 227, 1931.

36 Hitchcock, A. S. and Carleton, M. A.: Second report on rusts of grain. — Exp. Sta. Kansas State Agr. Coll., Manhattan. Bull. 46, 1894 (nach Hassebrauk 1932).

37 Humphrey, H. B., Hungerford, Ch. W. and Johnson, A. G.: Stripe rust *(Puccinia glumarum)* of cereals and grasses in the United States. — Journ. Agr. Res., 29, 209, 1924 (nach Hassebrauk) 1932).

38 Hungerford, Ch. W. and Owens, C. E.: Specialized varieties of *Puccinia glumarum* and hosts for variety *tritici*. — Journ. Agr. Res. 25, 363—401, 1923 (nach Roemer 1938).

39 Jaczewski, A. v.: Studien über das Verhalten des Schwarzrostes des Getreides in Rußland. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 20, 321, 1910.

39a Juel, H. O.: Ein Beitrag zur Kenntnis des *Uromyces poae* Rabh. — Svensk Bot. Tidskr. 2, 1908, 169—174 (nach Gäumann 1941).

40 Kirchner, O. v.: Die Krankheiten und Beschädigungen unserer landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. — Stuttgart 1923.

41 Klebahn, H.: Kulturversuche mit heterözischen Rostpilzen. — Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 2, 4—6, 8, 1892, 1894—1896, 1898.

42 Klebahn, H.: Die wirtswechselnden Rostpilze. — Berlin 1903.

43 Klebahn, H.: Die Uredineen der Mark Brandenburg (Kryptogamenflora der Mark Brandenburg, V. a.). — Leipzig 1914.

44 Köhler, E.: *Uredinales* (Rostpilze) in: Sorauer-Reh, Handb. f. Pflanzenkrankheiten Bd. III/2, 2—134.

44a Krieg, W.: Experimentelle Untersuchungen über *Ranunculus*-Arten bewohnende *Uromyces*. — Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, 19, 1907, 697—714, 771—788.

44b Krieg, W.: Neue Infektionsversuche mit *Uromyces Dactylidis* Otth. — Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, 25, 1910, 430—436 (nach Gäumann 1941).

45 Lehmann, E., Kummer, H. und Dannemann, H.: Der Schwarzrost, seine Geschichte, seine Biologie und seine Bekämpfung in Verbindung mit der Berberitzenfrage — Berlin 1937.

46 Levine, M. N. and Cotter, R. U.: Susceptibility and resistance of *Berberis* and related genere to *Puccinia graminis*. — Tech. Bull. Nr. 300 U. S. Dept. Agr. W. C. 1932 (nach Roemer 1938).

47 Magnus, P.: Einige Bemerkungen über die auf *Phalaris arundinacea* auftretenden Puccinien. — Hedwigia Bd. 33 p, 77—83, 1894. Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 5, 311, 1895.

48 Magnus, P.: Zur Geschichte unserer Kenntnis des Kronenrostes der Gräser und einige sich daran knüpfende Bemerkungen. — Sonder-Verhandl. Schweiz. Naturforsch. Ges. 95. Jahresvers., Altdorf 1912 (Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 23, 380, 1913).

49 Mains, E. B.: Host specialization of barley leaf rust, *Puccinia anomala*. -- Phytopathology 20, 873, 1930 (nach Hassebrauk 1932).

50 Marshall, Ward, H.: siehe Nr. 79 und 79a.

51 Mc. Alpine: Rusts of Australia. — Melbourne Robt. S. Brain. Melbourne 1906 (nach Roemer 1938).

52 Melhus, J. E., Dietz, S. M., and Willey, F.: Alternate hosts and biologic specialization of crown rust in America. — Res. Bull. 72, 211—236, 1916 (nach Straib 1937).

53 Melhus, J. E. and Durrell, L. W.: Studies on the crown rust of oats. — Res. Bull. Nr. 49, 115—144, 1919 (Agric. Sta. Iowa State College) (nach Straib 1937).

54 Montemartini, L.: La ruggine dei cereali in rapporto colla concimazione. — Riv. Patol. Veget. 4, 53, 1909 (nach Hassebrauk 1932).

55 Mühlethaler, Fr.: Infektionsversuche mit *Rhamnus* befallenden Kronenrosten. — Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, 30, 386—419, 1911.

56 Müller, F.: Beiträge zur Kenntnis der Grasroste. — Beih. z. Bot. Zentralbl. 10, 181 ff, 1901.

57 Murphy, H. C.: Physiologic specialization in *Puccinia coronata avenae*. — U. S. Agr. Tech. Bull. Nr. 433, 1—48, 1935 (nach Straib 1937).

58 Nicolaisen, W.: Die Grundlagen der Immunitätszüchtung gegen *Ustilago avenae* (Pers.) Jens. — Zeitschr. f. Zücht. A 19, 1—56, 1934.

59 Radulescu, E.: Über Rostbefall bei *Phleum pratense* L. — An. Inst. Cerc. Agr. 6, 1934 (nach Radulescu 1935).

60 Radulescu, E.: Die Bedeutung der Züchtung des Lieschgrases (Timothee) auf Rostresistenz. — Zeitschr. f. Züchter 7, 324—326, 1935.

61 Roemer, Th., Fuchs, W. H. und Isenbeck, K.: Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. — Parey, Berlin 1938.

62 Saulescu, N.: Beiträge zur Gräserzüchtung. — Fourth Int. Grassland Congress Report, 1937, 264 ff.

63 Scheibe, A.: Studien zum Weizenbraunrost, *Puccinia triticina* Erikss. I. Methoden und Ergebnisse bei der Bestimmung seiner physiologischen Formen (Biotypen). — Arb. d. B. R.-A. 16, 575—608, 1929.

64 Scheibe, A.: Studien zum Weizenbraunrost, *Puccinia triticina* Erikss. III. Über die Verbreitung der einzelnen physiologischen Formen und Formenkreise in Deutschland und in seinen angrenzenden Gebieten. — Arb. d. Biol. Reichsanstalt 18, 55—82, 1930.

65 Schöyen, W. M.: Bericht über die im Jahre 1894 in Norwegen beobachteten schädlichen Insekten und Pflanzenkrankheiten. — Ref. in Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 6, 31, 1896.

66 Stakman, E. C.: A study in cereal rusts. — Min. Agr. Exp. Sta. Bull. 138, 1914 (nach Hassebrauk 1932).

67 Stakman, E. C. and Jensen, Louise: Infection experiments with timothy rust. — Jour. Agric. Res. 5, 211—216, 1915 (nach Barker and Hayes 1924).

68 Stakman, E. C. and Levine, M. N.: *Puccinia graminis Poae* Erikss. and Hen. in the United States. — Ib., Vol. 28, 541—548, 1924 (nach Eriksson 1926).

69 Stakman, E. C., Levine, M. N. and Bailey, D. L.: Biologic forms of *Puccinia graminis* on varieties of *Avena* spp. — Jour. Agr. Res. 24, 1013—1018, 1923 (nach Roemer 1938).

70 Stakman, E. C. and Piemeisel, F. J.: Infection of timothy by *Puccinia graminis*. — Jour. Agric. Res. 6, 813—816, 1916 (nach Barker and Hayes 1924).

71 Stakman, E. C. and Piemeisel, F. J.: A new strain of *Puccinia graminis* (Abs.). — Phytopath. 7, 73, 1917 (nach Barker and Hayes 1924).

72 Stakman, E. C. and Piemeisel, F. J.: Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. — Jour. Agr. Res. 10, 429—495, 1917 (nach Barker and Hayes 1924).

73 Straib, W.: Infektionsversuche mit biologischen Rassen des Gelbrostes auf Gräsern. — Arb. d. Biol. Reichsanstalt 21, 483—497, 1935.

74 Straib, W.: Untersuchungen über das Vorkommen physiologischer Rassen des Gelbrostes *(Puccinia glumarum)* in den Jahren 1935/36 und über die Aggressivität einiger neuer Formen auf Getreide und Gräsern. — Arb. Biol. Reichsanstalt 22, 91 bis 119, 1937.

75 Straib, W.: Die Bestimmung der physiologischen Rassen von *Puccinia coronata* Cda. auf Hafer in Deutschland. — Arb. d. Biol. Reichsanstalt 22, 121—157, 1937.

76 Straib, W.: Weitere Beiträge zur Kenntnis der Spezialisierung der Getreideroste und des Leinrostes. — Arb. Biol. R.-A. 23, 233—263, 1940.

77 Treboux, O.: Infektionsversuche mit parasitischen Pilzen. III. — Annal. Mycolog. 10, 557—563, 1912 (nach Hassebrauk 1932).

78 Valle, O.: Die Züchtung der Grünlandpflanzen. — Fourth Int. Grassland Congress. Report 1937, 252—259.

78a Valle, O.: Laidunkasvien jalostuksesta Tammistossa. (Über die Weidepflanzenzüchtung in Tammistossa.) — Siemenjulkaisu 1930, 184—193 (Ref.).

79 Ward, Marshall H.: The Bromes and their rust-fungus *(Puccinia dispersa)*. — Ann. of Bot. 15, 560, 1901; On the relations between host and parasite in the Bromes and their brown rust — ebenda 16, 233, 1902; On the histology of *Uredo dispersa* and the „mycoplasma" hypothesis. — Philos. Transact. R. Soc. London, Ser. B. 196, 29, 1904; On pure cultures of a Uredine *Puccinia dispersa*. — Proc. R. Soc. London 69, 451, 1902 (nach Köhler 1932).

79a Ward, Marshall H.: Further observations on the brown rust of the Bromes, *Puccinia dispersa* (Erikss.) and its adaptive parasitism. (Weitere Beobachtungen über den Braunrost auf *Bromus* und seine Anpassung.) — Repr. Annales Mycologici, Vol. I, Nr. 2, 1903. (Ref.: Zeitschr. f. Pflanzenkrankheiten 13, 357, 1903.)

80 Waterhouse, W. L.: Studies in the inheritance of leaf rust, *Puccinia anomala* Rostr., in crosses of barley, I. — Journ. Roy. Soc. N. S. Wales 61, 218, 1927 (nach Hassebrauk 1932).

81 Waterhouse, W. L.: Australian rust studies I. — Proc. of the Linn. Soc. of N. S. Wales 54, 619, 1929/30 (nach Hassebrauk 1932).

82 Witte, H.: On formrikedomen hos vara viktigare vallgräs. — Sver. Utsädesför. Tidskr., 20—38, 65—118, 1912.

(Die aufgeführten Arbeiten haben Verfasser nicht alle im Original zur Verfügung gestanden und sind im Text nur soweit berücksichtigt worden, als in ihnen wertvolle Angaben über die Rostkrankheiten der für uns wichtigen Gräser enthalten waren. Sie sind aber trotzdem in dem Schrifttumsverzeichnis aufgenommen worden, da dieses als Grundlage einer später zu schaffenden Bibliographie über die Rostkrankheiten der wichtigsten Futtergräser gedacht ist, zu der bereits von Hassebrauk [31] ein wertvoller Beitrag geliefert wurde.)

Seconde contribution à la connaissance des Valsées von Höhnel

Par

G. Défago, Lausanne

Avec 8 Figures

Sommaire: Intıoduction — I. Recherches sur *Valsa ceratophora* Tul.: A. Comportement *in vitro*: a) Aspect des cultures; b) Influence de la température sur la croissance; c) Besoins en aneurine. B. Fluctuations des caractères suivant la plante-hôte: a) Structure du stade parfait et ses modifications; b) Variabilité des dimensions chez les asques et les ascospores; c) Variabilité du stade imparfait: 1. Structure des pycnides; 2. Dimensions des pycnospores. C. Relations avec les espèces voisines. D. Liste des plantes-hôtes. E. Parasitisme. F. Discussion des résultats exposés: entité de *Valsa ceratophora* Tul. — II. Etude de *Valsa Cypri* Tul.: A. Structure du stade parfait. B. Structure du stade imparfait *Cytospora Cypri* nov comb. C. Données biométriques. D. Comportement *in vitro*. — III. *Valsa pruinosa* (Fr.) n. sp. A. Comportement *in vitro*. B. Structure des fructifications: a) Stade asexué: *Cytospora pruinosa* nob. nec Sacc.; b) Structure du stade parfait. C. Données biométriques. D. Résumé des caractères distinctifs. E. Relations avec les autres *Valsa* vivant sur *Fraxinus*. — IV. *Leucostoma Curreyi* (Nit.) nov. comb. A. Structure des conceptacles: a) Stade imparfait: *Leucocytospora Curreyi* (Sacc.) nov. comb.; b) Structure du stade parfait. B. Données biométriques. C. Croissance *in vitro*. D. Discussion des recherches sur *L Curreyi*. — V. Hôtes nouveaux ou peu connus de *Leucostoma cincta* (Fr.) v. Höhnel: A. *Prunus Laurocerasus* L. B *Cornus sanguinea* L. C. *Cydonia maliformis* Miller em Beck. D. *Valsa macrostoma* Rehm nec Fuck. = *Valsa Rehmii* Winter. E. Précisions sur le stade imparfait *Leucocytospora cincta* (Sacc.) von Höhnel. — VI. Nouvelles observations sur *Leucostoma Persoonii* (Nit.) von Höhnel: A. *L. Persoonii* sur quelques hôtes nouveaux. B. Influence de la température sur la croissance de *L. Personii* et sur le choix des races. C. Besoins en aneurine. — VII. Discussion des recherches exposées et de la systématique des Valsées. — Bibliographie.

Introduction

Bien que l'étude des relations phylogénétiques chez les *Sphaeriales* ait accompli de remarquables progrès (Ruhland, 1900; v. Höhnel, 1918; Wehmeyer, 1926; Miller, 1928, etc.), l'authenticité des espèces et leur position adéquate laissent énormément à désirer. Dans la plupart des genres, règne une confusion aussi nuisible à la systématique qu'aux recherches biologiques.

Même chez les Valsées qui, selon v. Höhnel (1918), comprennent trois genres actuellement bien définis (*Euvalsa* Nit., *Leucostoma* Nit. et *Valsella* Fuck.), la détermination de maintes espèces se heurte à des difficultés inextricables. Les échantillons types manquent souvent. La synonymie, déjà bien embrouilée au temps de Nitschke, n'a cessé de s'obscurcir depuis lors. En effet, le genre *Valsa* Fries, si hétérogène, a subi de multiples amputations. En outre, un nombre élevé d'espèces furent découvertes récemment, surtout dans le Nouveau Monde et les pays tropi-

caux. Elles ont été souvent enregistrées sans que la comparaison avec les types des espèces connues ait été faite. Saccardo dit lui-même (Syll. I, p. 108): „*Nonnullae. forte multae species imperfecte descriptae hic [ad Euvalsas] ad interim locatae sunt quae vero dum melius cognitae forent ad subgenus Leucostomam vel Eutypellam transferendae essent*".

L'existence du genre *Valsella* Fuck. aux asques polyspores est même niée par Petrak (1923, p. 227—30) qui considère les espèces de *Valsella* comme non distinctes des *Leucostoma* correspondantes. Les formes à asques polyspores apparaîtraient simplement sous certaines conditions!

Au cours de recherches commencées en 1932 (Défago, 1935), nous avons dû nous convaincre, comme le dit Schreiner (1931), que les distinctions établies entre beaucoup d'espèces de *Valsa* semblent souvent bien insignifiantes. Nous avons, en outre, démontré que certaines *Valsa* varient dans leurs dimensions, comme aussi dans leur biologie et leur parasitisme. Elles ne sont pas unes biologiquement; mais nous réunissons, sous notre concept humain d'espèce, plusieurs entités pouvant paraître parfois presque plus voisines des races d'une autre espèce que de leurs propres soeurs. Comme chez la plupart des microorganismes, l'authenticité et l'amplitude de variation des espèces qui nous occupent, ne peuvent être appréciées qu'à l'aide de recherches biologiques approfondies.

Nous nous sommes donc efforcé, surtout par le moyen des cultures pures monospores, d'apprendre à connaître quelques espèces. En comparant leur biologie ainsi que leur morphologie, nous espérons arriver à déterminer plus sûrement leurs caractéristiques.

La terminologie usitée est tirée de Wehmeyer (1926), notamment les mots ecto- et entostroma. Pour les motifs expliqués dans notre précédente publication (Défago, 1935), le sous-genre *Leucostoma* Nit. est considéré comme genre distinct.

Enfin, il nous est un devoir agréable de remercier Monsieur le Professeur Dr. E. Gäumann qui nous a encouragé à poursuivre l'étude de ces trois genres et a toujours mis largement à notre disposition la riche bibliothèque ainsi que les superbes herbiers cryptogamiques de son Institut.

Chapitre I
Recherches sur *Valsa ceratophora* Tul.

Cette *Sphaeriales* paraît avoir été décrite pour la première fois par Tode sous le nom de *Sphaeria ceratospermum*. Maire (1937) a repris cet ancien terme et créé le nouveau synonyme de *Valsa ceratosperma* (Fr. ex Tode) Maire, appellation malheureuse à divers titres. En effet, il était déjà impossible du temps de Nitschke (1867, p. 181) de savoir exactement ce que Tode avait vu. De plus, *Valsa ceratophora* est une dénomination si universellement admise pour désigner une espèce décrite à la perfection par les Tulasne (1863), qu'il faut la maintenir, même si

l'on risque de commettre une légère entorse aux fameuses règles de la nomenclature.

Valsa ceratophora est très commune dans toute l'Europe. Pour ce qui concerne la Suisse, l'Herbier des cryptogames de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich (Institut de Botanique spéciale), en renferme de nombreux échantillons cueillis surtout par von Tavel aux environs de Zurich. Quelques-uns proviennent d'autres cantons et portent les noms de Wegelin, Schellenberg, Winter, etc. Traverso la mentionne au Tessin. Elle existe sans doute dans tous les cantons.

Au cours de promenades dominicales dans le Bas-Valais, l'auteur a cueilli très souvent durant l'hiver cette *Valsa* sur 24 espèces d'arbres ou d'arbustes appartenant aussi bien aux résineux qu'aux feuillus. Une telle diversité dans le choix de la plante-hôte fait supposer une grande variabilité, soit de la biologie, soit des caractères morphologiques. En réalité, il n'est pas facile, si l'on se base uniquement sur les livres de détermination, de reconnaître cette espèce. Seule la mise en culture permet de s'en former peu à peu une image exacte.

A. Comportement de *Valsa ceratophora in vitro*

De multiples isolements monospores ont été faits à l'aide d'une fine aiguille de verre, selon la méthode décrite par Flor (1932). Depuis 1932, les souches issues d'hôtes différents et provenant de diverses localités du Bas-Valais ont été comparées principalement sur gélose aux pommes de terre, milieu convenant le mieux. La gélose à farine d'avoine favorise davantage la formation des pycnides, mais laisse moins bien voir la couleur. D'autres milieux synthétiques ou naturels ont été essayés. Faute de temps, il ne fut pas toujours possible de procéder aux isolements monospores. Nous dûmes nous contenter parfois de cultures pures, permettant d'ailleurs la comparaison désirée.

a) Aspect des cultures de *Valsa ceratophora*

Sur gélose aux pommes de terre, additionnée de 2% de glucose, toutes les souches cultivées ont produit une nappe de mycélium gris-verdâtre. Les hyphes aériens peu denses sont gris-blanc; le substratum devient brun-noirâtre dans les cultures. De petites différences s'observent: les isolements provenant de *Vitis vinifera* ou de *Rosa* sp. ont une teinte plus brunâtre, mais cette espèce donne, d'une manière générale, des cultures semblables.

Après quelques jours, la surface du mycélium est parsemée de nombreuses petites pycnides exsudant très tôt à leur sommet des gouttelettes d'eau, puis des boules de spores de couleur jaune d'oeuf pâle. Les cirrhes en spires laiteuses, puis jaunâtres, n'apparaissent que sur les cultures en voie de dessication. Dans les tubes à gélose inclinée, suffisamment humide, de grosses pycnides (3—5 mm), peu nombreuses, se forment, ayant sou-

vent leur sommet prolongé en un brusque cône, entouré à sa base de gouttelettes. Ce cas fut constaté avec les souches prélevées sur *Fraxinus excelsior* L.

Après 3 à 6 mois, certaines cultures deviennent presque noires et produisent de nombreux périthèces. Leurs cols très allongés (jusqu'à un centimètre) s'amincissent vers leur extrémité. Ces périthèces sont fertiles et contiennent des asques et des ascospores normaux. Les asques sont un peu plus longs (env. 40 μ) que la moyenne; mais les ascospores mesurent environ 8 μ de long comme celles formées sur des branches.

Des périthèces ayant été produits même par des isolements d'origine monospore, *Valsa ceratophora* paraît homothallique. Pourtant d'autres isolements cultivés dans les mêmes conditions ne donnèrent jamais la forme parfaite.

b) Influence de la température sur la croissance de *Valsa ceratophora*

La souche isolée de *Ligustrum vulgare*, Muraz, fut étudiée quant à ses exigences thermiques, en plaçant 5 boîtes de Petri, inoculées en leur centre, dans chaque case d'une étuve réglée de 3 en 3° C depuis 0 à 36° C. Les résultats sont donnés dans le tab. 1.

Tableau 1

Croissance de *Valsa ceratophora* en fonction de la température
(essai sur gélose à pdt., durée 105 heures, diam. en mm)

°C	M ± σ	°C	M ± σ
— 0,03	—	22,4	83 ± 0,26
+ 4,3	—	23,4	90 ± 1,02
8,9	traces	25,1	82 ± 0,28
12,8	23 ± 0,21	28,1	63 ± 0,17
15,3	40 ± 0,15	33,1	traces
17,9	56 ± 0,16	35,8	—
20,2	72 ± 0,17	—	—

L'optimum se trouve donc à 23° C, le maximum à 34° C et le minimum, déterminé plus tard, vers 0° C. La croissance du mycélium est rapide, 90 mm en 105 heures, soit un peu moins de 1 mm à la température optimale! Les cultures furent aussi des plus régulières, ce dont témoignent les faibles erreurs moyennes. Cette souche a donc des exigences thermiques correspondant au type moyen des microorganismes de nos régions.

c) Besoins de *Valsa ceratophora* en aneurine

N. Fries (1938) essaya l'influence de B_1 sur une de nos souches isolées de *Castanea sativa* Miller et envoyée à Baarn. Cet isolement, libellé à tort *Valsa ceratophora* „Défago", se montra capable de croître sans aneurine, bien que son développement fût activé par la présence de cette vitamine.

La souche isolée de *Ligustrum vulgare* nous donna après 30 jours de croissance dans la solution synthétique de Schopfer et Blumer (1938) $110 \pm 2{,}96$ g de mycélium sec avec 10 γ de B_1 par 25 cm^3 de liquide. La moyenne des flacons témoins sans aneurine fut de $101{,}4 \pm 1{,}70$ g. Ces résultats corroborent ceux de Fries. Un pigment rose fut visible dans les flacons avec B_1, mais non dans les autres.

Sur gélose longuement lavée, notre champignon se développe presque aussi rapidement sans ou avec B_1. Il n'a pas non plus besoin de cette substance pour former des pycnides fertiles.

Valsa ceratophora se montre donc partiellement auxo-autotrophe. Elle n'est pas non plus gênée par une assez forte acidité du milieu (pH 4,4).

B. Fluctuations des caractères de *Vasa ceratophora* suivant la plante-hôte

Chez les champignons corticoles, la structure et l'aspect des fructifications dépendent dans une large mesure de leur hôte. La part du végétal à la formation des conceptacles peut être si grande qui'l devient presque impossible de reconnaître la même espèce sur des plantes différentes. Grâce à la mise en culture et à l'étude biométrique des spores, nous possédons actuellement de meilleurs moyens pour préciser les caractères essentiels sous le masque des modifications externes.

Tous les échantillons ayant servi aux comparaisons indiquées ci-après ont été mis en culture et ont donné des mycélium semblables.

a) Structure du stade parfait et ses modifications

Si l'on enlève le périderme recouvrant un stroma à périthèces, on aperçoit la fructification arrondie ou ovoïde à sa base, puis brusquement étranglée à son sommet. Elle est, en général, recouverte par une couche noirâtre ou brun-châtaigne d'un fort joli aspect. Ce brunissement, provoqué vraisemblablement par une oxydation, affecte plusieurs rangées de cellules appartenant à l'écorce. Ces rangées sont soulevées et percées par l'ectostroma; elles bordent le disque comme un cercle mince, noirâtre, et entourent la fructification d'une ligne noire visible à travers le périderme des jeunes rameaux. Les dimensions des stroma varient suivant l'hôte, comme nous le verrons. La hauteur moyenne est en général de 550—750 μ, la largeur de 900 à 1500 μ.

Le disque grisâtre (300 400 μ de large) est constitué par les restes de l'ectostroma ou même de l'entostroma. Les cols des périthèces repoussent l'ectostroma en dehors. Une partie de ce dernier demeure toutefois adhérente aux ostioles. Celles-ci sont noires, légèrement épaissies au niveau du disque. Sous une forte loupe, leur surface apparaît faiblement rugueuse et brillante. Les ostioles se trouvent serrées juste à fleur du disque, ou bien au contraire s'allongent fortement sous l'effet de l'humi-

dité. Les cols des périthèces peuvent de ce fait mesurer plusieurs mm au lieu de 300 à 600 μ leur longueur normale. Les asques sont semblables à ceux des *Valsa* typiques, ayant toujours 8 spores normales et un canal éjaculateur avec col réfringent. Les pseudoparaphyses existent; elles ont des parois très minces et se dissolvent de bonne heure.

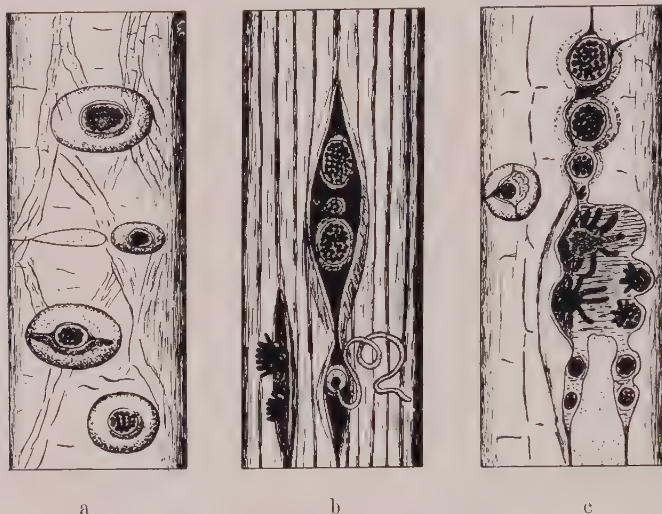


Fig. 1
Aspect de *Valsa ceratophora* sur des hôtes différents
a) sur bouleau; b) sur vigne: c) sur rosier (explications dans le texte)

En comparant entre eux les échantillons de *Valsa ceratophora* sur plusieurs arbres et en examinant d'autre part les espèces de *Valsa*, de *Diaporthe*, ou de *Melanconis*, qui croissent sur ces mêmes végétaux, nous pouvons dire que **la plante-hôte détermine:**

1. *La forme du stroma et du disque:* elle est arrondie sur les jeunes rameaux *(Rosa, Tilia, Cornus, Salix* etc.), mais ovale sur les branches ou arbres à rhytidome plus épais *(Betula, Prunus, Juglans)* [fig. 1].
2. *La position du stroma et le mode de rupture du périderme:* En travers sur *Prunus, Betula* (fig. 1a); en long sur la vigne (fig. 1b) et autres plantes dont l'écorce se fend longitudinalement; en rond sous les écorces minces des rameaux d'une année (fig 1c).
3. *La grosseur des stroma,* qui est de 1 mm sur les rameaux et de 2 à 3 mm dans les écorces épaisses. Plus un rhytidome est dur à percer, plus aussi le stroma est développé.
4. *La couleur du disque,* qui dépend en grande partie de l'entostroma; or ce dernier comprend des débris de l'hôte. Le disque est en général brunâtre, mais peut paraître blanchâtre *(Ligustrum, Fagus).* La lumière et l'humidité influent aussi sur cette couleur.

5. *Le nombre des périthèces* est en rapport avec le volume du stroma, donc avec la résistance du périderme et la richesse (humidité) de l'écorce. Sur les petites branches, on trouve 3 ou 4 périthèces par fructification, mais jusqu'à 60, même 80, dans de très gros stroma (fig. 1).

L'humidité détermine la longueur des ostioles. Nitschke, ce fin connaisseur des Pyrénomycètes, l'avait déjà soupçonné pour *Valsa coenobitica* Ces. et de Not. Il trouva, en effet, des branches gisant à même le sol humide dont les fructifications latérales avaient des ostioles allongées, alors que celles des fructifications supérieures étaient restées courtes. Nous avons vérifié maintes fois cette observation. Il suffit qu'une petite feuille vienne se coller contre une branche pour que les ostioles qu'elle recouvre s'allongent. Il en est de même lorsque le périderme se soulève. Sur un centimètre carré de rosier (fig. 1c) dont une partie du rhytidome s'était détachée, maintenant entre la branche et elle un air saturé de vapeur d'eau, nous avons trouvé tous les types d'ostioles.

La lumière semble aussi avoir une influence, surtout dans la direction des rostres. Nitschke remarquait déjà que sur les côtés des branches à terre, les ostioles se relèvent toutes dans la même direction. Nous pensons que ce phototropisme est positif, car dans une boîte de Kolle tous les cols des périthèces s'étaient tournés vers la lumière. Nous n'avons pourtant pas encore pu en apporter la preuve décisive, les périthèces ne se laissent pas toujours produire à volonté.

Ces diverses constatations, valables pour d'autres *Valsa*, et l'examen attentif des rostres allongés, nous font conclure que les cols des périthèces sont capables de croître après coup lorsque l'humidité augmente; *mais d'ordinaire les ostioles de Valsa ceratophora ne dépassent pas le disque.* La méconnaissance de ce fait a incité Nitschke à créer la subdivision des *Euvalsae* à ostioles allongées, ce qui fut et reste la cause de nombreuses erreurs. Nous craignons que pour ce motif environ dix espèces, considérées comme distinctes, ne soient en réalité rien d'autre que *Valsa ceratophora*.

b) Variabilité des dimensions chez les asques et les ascospores de *Valsa ceratophora*

Les asques ont été mesurés selon la technique expliquée dans notre précédente publication (1935), c'est à dire en colorant la membrane par la fuchsine acide. Les moyennes sont calculées en général pour 100 mesures et l'erreur moyenne a été évaluée selon la formule usuelle $\sigma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma f a^2}{n}}$ Répétons encore que tous les échantillons mesurés ont été mis en culture et y ont donné un mycélium de même aspect.

Tableau 2

Dimensions des asques de *Valsa ceratophora* sur diffeéents hôtes

(moyenne de 100, en μ)

Hôte et date	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Acer campestre L. . . . . . . Monthey, 2. Février 1939	27—38	*32,8 ± 2,42*	3,5—6,5	*5,1 ± 0,72*
Betula pendula Roth. . . . . . Choëx, 17. Janvier 1936	32—42	*36,3 ± 2,41*	3,5—6,5	*5,5 ± 0,57*
Carpinus Betulus L. . . . . . Muraz, 24. Février 1940	28—36	*32,1 ± 1,72*	3,5—5,5	*4,9 ± 0,57*
Castanea sativa Mil. . . . . . Muraz, 1. Mars 1936	28—41	*35,0 ± 2,70*	3,5—6,5	*4,9 ± 0,75*
Cornus Mas L. . . . . Monthey, 2. Février 1936	28—39	*31,9 ± 2,13*	3,5—6,5	*4,8 ± 0,72*
Cornus sanguinea L. . . . . . Collombey, 31. Janvier 1937	28—43	*36,2 ± 3,70*	4,5—7,5	*5,6 ± 0,70*
Corylus Avellana L. . . . . . Monthey, 5. Décembre 1937	31—42	*32,2 ± 2,80*	3,5—6,5	*4,7 ± 0,49*
Crataegus (Oxyacantha L.!) . . Collombey, 3. Janvier 1937	28—40	*33,1 ± 2,27*	4,5—6,5	*5,2 ± 0,54*
Cydonia maliformis Mil. . . . Choëx, Novembre 1936	28—40	*34,2 ± 2,36*	4,5—7,5	*5,8 ± 0,62*
Fagus silvatica L. . . . . . . Choëx, 17. Mars 1940	30—41	*35,0 ± 2,73*	4,5—7,5	*5,8 ± 0,68*
Fraxinus excelsior L. . . . . Muraz, 1. Janvier 1938	30—40	*34,3 ± 1,88*	4,5—6,5	*5,6 ± 0,44*
Ilex Aquifolium L. . . . . . Fodze, 13. Février 1937	30—40	*33,8 ± 2,08*	4,5—7,5	*6,1 ± 0,64*
Juglans regia L. . . . . . . Les Neyres, 1. Janvier 1937	26—37	*31,1 ± 2,18*	3,5—5,5	*4,6 ± 0,47*
Juniperus communis L. . . . . Les Neyres, 1. Janvier 1937	27—37	*32,0 ± 2,44*	3,5—6,5	*4,9 ± 0,69*
Ligustrum vulgare L. . . . . Muraz, 22. Janvier 1939 . .	28—40	*33,7 ± 2,25*	4,5—6,5	*5,7 ± 0,46*
Prunus insititia L. . . . . . Massilon, 6. Mars 1933	30—41	*35,1 ± 2,44*	4,5—6,5	*4,9 ± 0,78*
Quercus Robur L. . . . . . . Monthey, 8. Janvier 1939	30—43	*35,0 ± 3,13*	4,5—6,5	*5,1 ± 0,55*
Rosa (Canina L.) . . . . . . Illarsaz, 25. Décembre 1936	27—41	*34,5 ± 2,70*	3,5—6,5	*4,3 ± 0,71*
Rubus sp. . . . . Muraz, 24. Janvier 1940	30—40	*35,0 ± 2,01*	4,5—6,5	*5,2 ± 0,58*
Salix caprea L. . . . . Collombey, 13. Février 1937	27—38	*32,4 ± 2,28*	3,5—6,5	*4,6 ± 0,77*
Sorbus Aria (L.) Crantz . . . Condamine, 29. Mars 1936	27—37	*31,7 ± 2,13*	3,5—6,5	*4,8 ± 0,73*
Taxus baccata L. . . . . . . Massillon, 3. Janvier 1937	31—41	*35,5 ± 2,60*	4,5—6,5	*5,2 ± 0,47*
Tilia cordata Mil. . . . . . . Monthey, 1. Janvier 1941	30—45	*37,6 ± 6,40*	4,5—6,7	*5,3 ± 0,70*
Vitis vinifera L. . . . . . . Massillon, 20. Février 1936	28—40	*33,4 ± 2,50*	3,5—6,5	*4,9 ± 0,77*

Le tab. 2 montre que la longueur des asques varie entre des limites beaucoup plus distantes (26 à 45 μ) que ne l'indiquent les systématiciens. Les moyennes les plus communes se rangent entre 32 et 35 μ.

La largeur des asques diffère aussi plus qu'indiqué (3,5 à 7,5 μ), les moyennes communes se trouvant près de 5 μ.

Les ascospores ont été mesurées sur des frottis à l'encre de Chine. Le tab. 3 témoigne d'une assez grande constance. La plupart des moyennes sont comprises entre 8 et 9 μ pour les longueurs et 1,5—1,9 μ pour les largeurs.

Tableau 3

Dimensions des ascospores de *Valsa ceratophora*

(Moyenne de 50, en μ)

Hôte	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Acer campestre	7—11	8,9 ± 0,23	1,2—2,5	1,93 ± 0,28
Betula pendula	6—11	8,3 ± 0,26	1,2—2,5	1,47 ± 0,36
Carpinus Betulus	6—10	8,1 ± 0,20	1,2—2,5	1,45 ± 0,29
Castanea sativa	5—11	8,1 ± 0,26	1,5—2,5	1,81 ± 0,12
Cornus mas	6—10	8,3 ± 0,24	1,2—2,5	1,59 ± 0,30
Cornus sanguinea	6—11	8,7 ± 0,30	1,2—2,5	1,31 ± 0,35
Corylus Avellana	7—12	9,1 ± 0,31	1,2—3,0	1,95 ± 0,35
Crataegus (Oxyacantha)	7—11	8,5 ± 0,19	1,2—2,5	1,67 ± 0,29
Cydonia maliformis	7—11	8,8 ± 0,25	1,2—3,0	1,91 ± 0,37
Fagus silvatica	6—11	8,8 ± 0,32	1,2—2,5	1,75 ± 0,20
Fraxinus excelsior	6—10	8,5 ± 0,24	1,2—3,0	1,85 ± 0,28
Ilex Aquifolium	6—12	8,4 ± 0,34	1,2—2,5	1,77 ± 0,19
Juglans regia A	6—10	7,5 ± 0,22	1,2—2,5	1,67 ± 0,17
Juglans regia B	6—9	7,4 ± 0,19	1,2—2,5	1,43 ± 0,40
Juniperus communis	7—11	9,2 ± 0,26	1,2—2,5	1,81 ± 0,16
Ligustrum vulgare	6—12	8,6 ± 0,32	1,2—3,0	1,87 ± 0,29
Prunus insititia	6—10	8,1 ± 0,21	1,2—2,5	1,75 ± 0,27
Quercus Robur	7—11	8,8 ± 0,22	1,2—2,5	1,77 ± 0,16
Rosa (canina)	6—12	9,0 ± 0,30	1,2—2,5	1,71 ± 0,20
Rubus sp., Muraz	6—12	8,5 ± 0,30	1,2—2,5	1,49 ± 0,27
Rubus, Winter, 8, 1878	5—11	8,1 ± 0,28	1,2—2,5	1,69 ± 0,23
Salix caprea	6—11	8,5 ± 0,24	1,2—2,5	1,77 ± 0,16
Sorbus Aria	7—11	8,5 ± 0,22	1,2—3,0	1,93 ± 0,32
Taxus baccata	6—11	8,4 ± 0,27	1,2—2,5	1,51 ± 0,38
Tilia cordata A	8—11	9,7 ± 0,62	1,2—2,5	1,78 ± 0,22
Tilia cordata B	6—13	9,2 ± 0,36	1,2—3,5	1,80 ± 0,38
Vitis vinifera	5—13	9,3 ± 0,36	1,5—2,5	1,83 ± 0,14

L'étude des tableaux 2 et 3 fait apparaître la petitesse des dimensions de la souche *Juglans regia* et la grandeur de celles sur *Tilia cordata A*. Sans le contrôle des cultures, nous les aurions considérées comme espèces distinctes. Mais, la similitude des mycélium nous a obligé à comparer à nouveau ces souches aux autres et à voir qu'elles n'en diffèrent pas essentiellement. En outre, un autre échantillon (B) sur *Tilia*, pris dans le même tas de branches et ayant des fructifications identiques à celles de A, ne mesure que 9,2 μ. Une seconde constatation doit être faite dans les

tab. 2 et 3: les moyennes sont plus élevées que celles mentionnées dans les traités. Les Tulasne indiquent pourtant 8—9,5 μ comme longueur des ascospores. L'amplitude des variations laisse entrevoir d'où proviennent les confusions constatées dans les herbiers.

c) *Variabilité du stade imparfait (Cytospora ceratophora Sacc.)*

La corrélation des deux stades a été contrôlée au moyen des cultures. D'ailleurs, les pycnides ne diffèrent pas beaucoup dans leur aspect des stroma à périthèces.

1. *Structure des pycnides*

Des coupes de fructifications très jeunes ont permis de voir nettement le cône de rupture (ectostroma) et les loges fructifères qui, elles, débutent dans l'entostroma. Elles ont chacune leur paroi propre, se transformant vers le haut en un col relativement étroit. Tous ces cols se réunissent en un canal central, épaissi à son extrémité, qui traverse l'ectomostroma et apparaît sur le disque grisâtre comme un anneau noir, peu émergent. Cette forme de *Cytospora* est appelée parfois *Torsellia* (cf. v. Höhnel, 1928). Le disque est d'origine ectoplacodiale, c'est à dire formé par l'ectostroma. Nous avons vu des pycnides sur chêne dont l'ectostroma était tombé ; le col sortait simplement entre les fibres, sans disque.

La couche des sporophores tapissant le pourtour des loges a bien 15—20 μ comme l'indique Nitschke ; mais les sporophores isolés ne mesurent que 8 à 12 μ de long et 1,5 à 2 μ de large. Les vrilles transparentes formées par les spores agglutinées paraissent d'abord blanc-jaunâtre, puis jaune-ambré à dessication.

2. *Dimensions des pycnospores*

Le *tableau 4* montre que les pycnospores de *Valsa ceratophora* atteignent une longueur quelque peu supérieure à 5 μ et une largeur

Tableau 4
Dimensions des pycnospores de *Valsa ceratophora*
(en μ, moyenne de 50)

Hôte	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Castanea sativa	4—7	5,4 ± 0,62	0,9—2,5	1,47 ± 0,11
Cornus sanguinea	4—9	5,7 ± 0,99	0,9—2	1,25 ± 0,19
Fraxinus excelsior	4—7	5,5 ± 0,62	0,9 - 2	1,22 ± 0,18
Quercus Robur	3—7	4,8 ± 0,64	1 —2	1,37 ± 0,21
Salix caprea	4—9	5,2 ± 0,81	1 —2	1,34 ± 0,19
Vitis vinifera	4—8	5,5 ± 0,62	0,9—2	1,18 ± 0,25

dépassant 1 μ, dimensions plus grandes que celles données dans les traités. Les Tulasne (p. 192) indiquent 3,5 μ seulement, ce qui doit provenir de l'imperfection de leur microscope.

C. Relations de *Valsa ceratophora* avec les espèces voisines

La variabilité de *Valsa ceratophora* rend très douteuse l'existence de plusieurs autres "espèces". Malheureusement, certains types ne peuvent plus être retrouvés, surtout dans le bouleversement mondial actuel. Quelqus-uns n'ont même pas pu être vus par des auteurs aussi anciens que Winter. Les déterminations s'achoppent donc à deux écueils opposés: si l'on veut être trop catégorique, on risque de confondre des espèces valablement reconnues il y a presque un siècle; si, au contraire, on est trop respectueux de toutes les descriptions, on conserve la masse des erreurs amoncelées qui étouffent actuellement la systématique.

V. decorticans Fr., *V. coronata* Duby, *V. Rosarum* de Not., *V. Rubi* Fuck., *V. farinosa* Feltg., sont admises comme synonymes de *Valsa ceratophora*. Nous voulons étudier de plus près quelques autres "espèces".

1. *Valsa coenobitica* Ces. et de Not. se distingue de *Valsa ceratophora* selon Nitschke, Winter, Traverso, non par son aspect, mais par des dimensions soit-disant plus élevées (asques: 36—40 × 6 μ, ascospores: 8 — 12 × $2^1/_2$, pycnospores: 5 — 6 × 1 μ). Les ostioles (Nitschke) sont, en outre, un peu plus épaisses, puis s'amincissent à leur sommet, ce qui indique qu'elles ont grandi après coup. D'ailleurs, la description de Nitschke concorde essentiellement avec l'aspect de *Valsa ceratophora* sur chêne. Les mesures correspondent très bien à celles des tab. 2, 3 et 4. Ces deux espèces sont donc à considérer comme identiques, aussi longtemps qu'elles ne sont pas définies par d'autres caractères.

Un échantillon de l'Herbier E. P. F. cueilli par F. Petrak sur *Quercus Robur*, en Galicie, déc. 1916, est une *Valsa ambiens* typique dont les asques à 8 spores mesurent 58—60 μ et les ascospores 16 à 25 × 3 — 4 μ.

Un autre échantillon cueilli à Ascona, Tessin, par Mlle Schmid, correspond à *Valsa ceratophora* par la grandeur des asques (32—36 × 4—5 μ), mais les ascospores sont très petites (6,25 ± 0,54 × 1,4 ± 0,25 μ).

2. *Valsa cristata* Nit. ressemble, d'après son inventeur, énormément à *Valsa ceratophora*. Winter ne paraît déjà plus avoir trouvé d'échantillon. Traverso ne la mentionne pas. D'autre part, la description originale n'a aucune différence essentielle avec celle de *Valsa ceratophora*. Nous croyons donc ces deux espèces identiques. Les dimensions données pour les ascospores sont peut-être celles de pycnospores provenant d'une pycnide produite avec les périthèces.

3. *Valsa Schweinizii* Nit. Exscc. Rehm, Ascomyc., No. 1142, cueilli sur *Salix aurita* par W. Krieger, en Saxe (Bielathal), avril 1894.

Les asques mesurent 30—42 × 5—6 μ, en général 32 × 6 μ. Les ascospores ont comme moyenne 9,1 ± 0,94 × 1,7 ± 0,24 μ, donc égales à celles du tab. 3. Nitschke et Winter constataient déjà une grande ressemblance de cette „espèce“ avec *Valsa ceratophora*. En réalité, c'est la même espèce. Descriptions et dimensions des spores concordent. L'échantillon de Krieger est identique aux nôtres cueillis sur divers saules. Les pycnides à une seule loge, vues par Nitschke, appartiennent vraisemblablement à un autre champignon.

4. *Valsa Rubi Fuck.* Exsicc. de Thümen, *Mycotheca universalis*, No. 870, cueilli par Spegazzini en 1876, sur rameaux morts de *Rubus*, en Vénétie.

Les stroma sont réellement très petits et les périthèces peu nombreux. Les asques atteignent des longueurs comprises entre 30—40 × 5—6 μ (32—33 × 5—6 μ). Les ascospores sont assez longues, 9,2 ± 0,53 × 2,1 ± 0,30 μ.

Il est étonnant que cet échantillon passablement dissemblable ait été reconnu, avec raison, comme appartenant à *Valsa ceratophora*, alors que tant d'autres provenances plus typiques ont été considérées comme espèces distinctes.

5. *Valsa Hoffmanni* Nit. Exsicc. Herbier E. P. F., cueilli par H. Wegelin, teste G. Winter, au Zurichberg, le 9. 3. 81 sur *Crataegus*.

Il s'agit sans aucun doute de *Valsa ceratophora*. Les asques ont 30—41 × 5—6 μ et les dimensions moyennes des ascospores sont de 8,4 ± 0,64 × 1,81 ± 0,26 μ.

D'ailleurs si l'on relit la description de Nitschke, on voit qu'elle concorde presque mot à mot avec celle de *Valsa ceratophora*. Même la belle couleur marron recouvrant le stroma et la matière blanchâtre qui se trouve entre les périthèces, sont mentionnées. Que le périderme soit fendu en travers, cela provient de sa texture. On s'en convainc aisément en examinant d'autres *Valsa* croissant sur *Crataegus*.

6. *Valsa clavigera* Dearn et Barth. *Exsicc. Fungi Columbiani* No. 5098, E. Bartholomew, sur *Acer macrophyllum* Pursh tué par le feu, Bremerton, Wash. 29. 7. 1922, Mr. et Mrs. E. B.

L'échantillon examiné ne contient que quelques ascospores germées, l'aspect et la description dans Mycol., *9*, 1917, p. 345, correspondent bien, ainsi que les mesures, à celles de *Valsa ceratophora* (asques 24 — 40 μ; ascospores 9 × 2,5 μ).

7. *Valsa debicatula* C. et E. Grevillea, *6*, 1877. Exsicc. *Fungi Columbiani* E. Bartholomew, No. 4899, sur *Arbutus Menziesii* Pursh. Manette, Wash. 16 sept. 1912.

Cet échantillon ressemble beaucoup à *Valsa ceratophora* sur de petits rameaux. La branche rougeâtre et lisse fait ressortir les petites fructifications, dont les ostioles noires se serrent sur le disque brunâtre. Les asques mesurent en moyenne 33 × 5,4 μ et les ascospores 7,9 ± 0,72 × 1,6 ± 0,24 μ. Jusqu'à plus ample informé, nous considérons cet échantillon comme appartenant à *Valsa ceratophora*. Les fructifications très petites se rapprochent de celles sur *Rubus*.

8. *Valsa tenella* H. Fabre, Sphaer. Vaucl. II, p. 32. 1882. Exsicc. Herbier E. P. F. sur *Cytisus nigricans*, Weißkirchen, XI 1934, leg. F. Petrak.

Cet échantillon appartient sûrement à *Valsa ceratophora*. Tout l'indique, aussi bien sa structure que ses dimensions: asques 32,8 × 5,6; ascospores: 8,1 ± 0,75 × 1,8 ± 0,36.

Resterait à savoir ce que Fabre avait réellement vu. Sa description, toutefois, laisse assez peu de doute, sauf l'indication: spores biguttulées!

9. *Valsa coronata* (Hoffmann) Duby non Nit. *Valsa Dubyi* Nit. Exsicc. Herbier E. P. F., cueilli par Duby sur des rameaux encore feuillés de *Quercus* et de *Juniperus*, au Juchet.

Les ostioles sont très proéminentes et biscornues. Il s'agit vraisemblablement d'un échantillon appartenant bien à *Valsa ceratophora*, mais étant resté assez longtemps à l'humidité. Les asques (30 — 40 × 5 — 6 μ) sont presque tous dissous; les périthèces ont des bactéries à l'intérieur et les ascospores se sont légèrement élargies, bien que leurs longueurs restent conformes à celles du tab. 3 (8,6 ± 0,70 × 2,3 ± 0,30).

Un échantillon de Duby a été examiné par Nitschke (l. c., p. 187—188) qui l'appela *Valsa Dubyi*, tout en signalant sa grosse ressemblance avec *Valsa ceratophora*. Les différences vues par Nitschke proviennent des conditions extérieures; elles n'ont rien d'essentiel. *Valsa ceratophora*, *Valsa Dubyi*, *Valsa coronata* (Hoffm.) Duby sont vraisemblablement trois synonymes.

10. *Valsa coronata* (Hoffm.) Fr. A. première vue, il est vraiment difficile de savoir ce que représente cette dénomination. La description de Nitschke reprise par Winter correspond bien à celle de *Valsa ceratophora*, sauf que les asques et les ascospores sont soit-disant beaucoup plus petits (24 — 28 × 4 μ et 6 — 7 × $1^1/_2$ μ). Winter ne semble déjà plus avoir vu lui-même d'échantillon. Traverso décrit les échantillons trouvés par Cumino en Italie; il donne les mesures de 30 — 35 × 4 — 5 pour les asques et 6 — 8 × $1^1/_2$ — 2 pour les ascospores, soit exactement celles de *Valsa ceratophora*. Nitschke dit que cette espèce ne lui est connue sur *Cornus alba* qu'aux environs de Leipzig, dans l'herbier Kunze et d'après les échantillons récoltés par Auerswald aux environs de Leipzig.

Or, l'Herbier helvétique des cryptogames (E. P. F., Zurich) contient un échantillon étiqueté probablement par Auerswald lui-même: *Sphaeria coronata* Hoff. *Lipsiae in (cornoideis?)* leg. Auerswald, Aug.? 1840.

L'aspect de cet échantillon correspond tout à fait à celui de *Valsa ceratophora* sur petits rameaux de saule. Les fructifications sont arrondies. Le disque s'est effrité et s'est détaché partiellement. Les ostioles un peu allongées sont en partie cassées, en partie aplaties contre l'écorce. Les asques mesurent 30 à 35 × 5 μ, les ascospores 6 à 10 μ, en moyenne 7,8 ± 0,73 × 1,75 ± 0,23. Ainsi, peut heureusement être prouvée l'identité de cette espèce avec *Valsa ceratophora*.

11. *Valsa gales* Syd., 1932, Ann. Myc., *30*, p. 97—98. L'auteur donne comme dimensions des asques 30—38 × 4—5 μ et des ascospores 6—10 × 1,5—2 μ. Il ajoute que ce champignon se trouve très près de *Valsa ceratophora* et qu'il n'en est peut-être qu'une forme. D'après ce que nous savons, cela ne fait pas de doute.

12. *Valsa Rhois* (Feltg.) v. Höhn. Sitzber. Ak., Wien 1906, *115* p. 1256, n'est qu'une forme de *Valsa ceratophora* Tul. *Var. Rhois* Feltgen.

13. *Valsa rhamnicola* Fabre. Ann. sc. nat. 6 sér., 9, 1878, p. 69, correspond selon v. Höhnel (1928) à *Valsa ceratophora* Tul.

14. *Valsa affinis*, *Valsa Fuckelii* et *Valsa insignis* Nit.: Von Höhnel, 1928 p. 86—87, considère ces trois espèces comme des formes de *Valsa ceratophora*.

Nous croyons qu'une partie au moins des noms suivants ne sont que des synonymes; toutefois, nous n'en avons pas encore trouvé les échantillons originaux: *V. cenisia* de Not., *V. coacta* Sacc. et Speg., *V. concammerata* Curr., *V. decorticans* Fr., *V. decumbens* (Schmidt) Nit., *V. demissa* Nit., *V. exigua* Nit., *V. fallax* Nit., *V. leiphaemioides* B. et C., *V. nobilis* Sacc., *V. ribesia* Karst., *V. Spegazziniana* Sacc., *V. stenophora* Tul., *V. stephania* Pass., *V. strobiligina* Sacc. et Roum. etc.

Si l'on compare les descriptions et les données numériques des différentes „flores cryptogamiques" pour chaque *Valsa*, si, de plus, on étend cette comparaison aux travaux d'anciens systématiciens (Cooke, Fabre, etc.) ainsi qu'aux découvertes faites Outre-Atlantique, on doit admettre que règnent dans ce groupe une confusion, un désordre effrayant. L'espèce qui nous occupe paraît être la plus confondue des *Monostichae*, même par des auteurs sérieux, ainsi qu'en témoigne l'exs. no. 828 de Wartmann et Winter, *Schweiz. Kryptogamen*. Cet échantillon cueilli par Schenk en 1869 sur *Ligustrum vulgare*, dans le canton de Thurgovie, est étiqueté à juste titre *Valsa ceratophora* (30—40 × 5—6 μ et 8,1 ± 0,74 × 1,8 ± 0,32). Mais, ce même échantillon (les branches le montrent) a été baptisé par Otth *Valsa Cypri* et des caractères spéciaux lui ont été attribués. Cette erreur trouva ainsi son écho dans la description de *Valsa Cypri* par les Tulasne grâce à une lettre d'Otth aux auteurs

français. Winter introduisit cet échantillon dans la collection susnommée sous le nom de *Valsa Cypri*. Les ascospores mesurent également $8{,}5 \pm 1{,}27 \times 1{,}85 \pm 0{,}26\ \mu$. Plus tard, Winter reconnut cette erreur (cf. Rab. und Winter, *Fungi eur.* No. 2867). Le même échantillon se trouve donc sous quatre étiquettes différentes. De tels faits augmentent notre scepticisme sur la réalité de beaucoup de déterminations.

Pour les motifs exposés, nous considérons comme synonymes de *Valsa ceratophora* Tul. les dénominations suivantes:
V. affinis Nit. Fuck. Symb. myc. p. 199, 1869, p. p.
V. coenobitica Ces. et de Not. Schem. Sfer. it. p. 207, 1863.
V. clavigera Dear. et Barth., Mycologia, *9*, p. 345, 1917.
V. coronata (Hoff.) Duby, Rabh. Herb. Myc. Ed. II. no. 250.
V. coronata (Hoff.) Fries, Summ. veg. Scand. p. 4122, 1849, p. p.
V. cristata Nit., Pyr. germ. p. 182, 1867.
V. debicatula C. et E., Grevillea, *6*, 1877.
V. decorticans Fr., Sum. Veg. Sc. p. 4122, 1849, p. p.
V. Dubyi Nit., Pyr. germ., p. 187, 1867.
V. farinosa Feltg., Vorst. Pilzfl. Lux. Nacht. II, p. 124.
V. Fuckelii Nit., Pyr. germ., p. 192, 1867.
V. gales Sydow, Ann. Myc., *30*, p. 97—98, 1932.
V. Hoffmanni Nit., Pyr. germ., p. 195, 1867.
V. insignis Nit., Pyr. germ., p. 188, 1867.
V. rhamnicola Fabre, Ann. Sc. Nat., *9*, p. 69, 1878.
V. Rhois (Feltg.) v. Höhn., Sitzgber. Ak. Wien, *115*, p. 1256, 1906.
V. Rosarum de Not., Sfer. ital., p. 37, 1863.
V. Rubi Fuck., Symb. myc., p. 200, 1869.
V. Schweinizii Nit., Pyr. germ., p. 191, 1867.

Nous ne doutons pas que l'examen d'autres "espèces" indiquées plus avant permette de découvrir encore plusieurs synonymes.

D. Liste des plantes-hôtes de *Valsa ceratophora* Tul.

En récapitulant les différents hôtes de *Valsa ceratophora* indiqués dans la littérature et en y ajoutant ceux contenus dans l'Herbier E. P. F., ainsi que ceux que nous avons trouvés, nous voyons que cette espèce vit sur la plupart des arbres et arbustes, notamment:

Acer campestre L., *A. platanoides* L., *A. Pseudoplatanus* L., *Ailanthus sp.*, *Alnus glutinosa* (L.) Gärtner, *Alnus incana* (L.) Mönch, *Alnus viridis* (Chaix) DC.+, *Amelanchier canadensis* Torr. et Gray, *Arbutus Unedo* L., *Betula pendula* Roth, *Carpinus Betulus* L., *Castanea sativa* Miller, *Cornus mas* L., *Cornus sanguinea* L., *Cornus stolonifera* Michx., *Corylus Avellana* L., *Crataegus Oxyacantha* L., *Crataegus monogyna* Jacq. et *sp. diversae*, *Cydonia maliformis* Miller em. Beck+, *Cytisus nigricans* L.–, *Deutzia scabra* Thunb., *Fagus silvatica* L., *Frangula Alnus* Miller +, *Fraxinus ex-*

celsior L., *Fr. Ornus* L., *Ilex Aquifolium* L., *Juglans regia* L.+, *Juniperus communis* L.+, *Ligustrum vulgare* L., *Melia spec.*, *Morus alba* L., *Platanus orientalis* L., *Pl. occidentalis* L., *Photinia glabra* Decne., *Prunus domestica* L., *Pr. insititia* L.+, *Pr. Persica* (L.) Stokes; *Pr. spinosa* L.; *Quercus coccifera* L., *Q. Ilex* L., *Q. lusitanica* Lam., *Q. Robur* L., *Rhus glabra* L., *Ribes rubrum* L., *Robinia Pseudo-Acacia* L., *Rosa canina* L., *Rosa spec. variae; Rubus fruticosus* L., *Rubus idaeus L.*, *Salix aurita* L., *S. caprea* L., *S. purpurea* L., *Salix sp. variae; Sorbus Aria* (L.) *Crantz*, *S. aucuparia* L., *Taxus baccata* L.+, *Tilia cordata* Miller; *Ulmus campestris* L. em. Hudson, *Viburnum Lantana* L., *Viburnum opulus* L., *Vitis vinifera* L.

Les phanérogames marquées d'une croix sont probablement des hôtes nouveaux. Pour la nomenclature nous avons suivi Schintz H. und Keller R., 1923. *Flora der Schweiz*, 4e Auflage, Zürich. A. Raustein.

E. Parasitisme de *Valsa ceratophora* Tul.

Cette espèce se voit presque toujours sur des branches mortes dans les tas de broussailles coupées. Elle vit principalement en saprophyte. Il nous est arrivé, toutefois, de trouver de rares échantillons où l'on discernait une progression des hyphes vers les tissus encore vivants, à partir d'une plage d'écorce morte.

F. Discussion des résultats exposés: Entité des *Valsa ceratophora* Tul.

Nombreuses sont les variétés des *Valsa ceratophora* créées jusqu'ici:
Var. acicola Cooke Grevillea, *15*, p. 71.
Var. Arbuti Berl. et Vogl. Fung. Ancon. p. 3, 1888.
Var. corni Feltg. Vorst. Pilzfl. Luxemb. Nachtr. III, p. 127.
Var. Deutziae Feltg. Vorst. Pilzfl. Luxemb. Nachtr. III, p. 124.
Var. farinosa Feltg. Vorst. Pilzfl. Luxemb. Nachtr. III, p. 124.
Var. quercicola Cooke, Brit. Fungi, p. 825; Grevillea, *15*, p. 71.
Var. Rosarum Cooke, Brit. Fungi, p. 825; Grevillea, *15*, p. 71. de Not., Sfer. ital. p. 37; Fuck. Symb. Myc. p. 201; Fabre, Rev. Myc. *18*, p. 155, etc.
Var. Rubi (Fuck.) Berl. Icon. Fung. mscr. 1902 = *V. Rubi* Fuck.
Var. Ulmi Cooke, Grevillea, *15*, p. 71.

Quelle valeur accorder à ces "variétés"? Pour répondre, nous devons nous remémorer l'entité de *Valsa ceratophora* et sa variabilité. Ses caractères essentiels ressortent de ce qui vient d'être exposé. Mieux que les mots, les fig. 1 et 2 montrent l'aspect extérieur des fructifications. Les dimensions sont indiquées dans les tab. 2, 3 et 4.

Enfin, un nouveau critère a été utilisé: la culture sur milieu synthétique. A vrai dire, il n'est pas exclu que plusieurs champignons pro-

duisent sur gélose la même nappe de mycélium gris-vert. C'est plutôt rare; mais, si cela arrive et que, d'autre part, ces champignons ne se distinguent ni par leur biologie, ni par leurs dimensions, ni par leur aspect, comment alors les reconnaître et pourquoi en faire des espèces distinctes?

La notion de *Valsa ceratophora*, telle que nous l'avons exposée, reste très large. Certainement, on peut en isoler un nombre plus ou moins grand de souches, assez comparables aux jordanons d'*Eriophila verna* par exemple (cf. Cuénot, l'Espèce, 1936). Plus tard, si l'on dispose de meilleurs

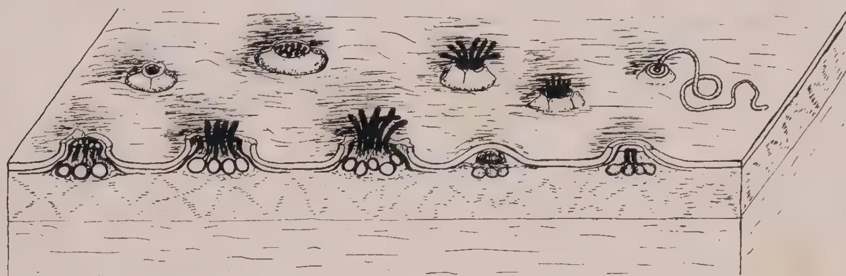


Fig. 2
Représentation schématique de *Valsa ceratophora* Tul.
(Gros env. 10×)

critères, on y scindera peut-être des unités à caractères essentiels différents. Mais, actuellement, les différences visibles sur milieux synthétiques disparaissent sous les influences des divers hôtes, de la nature et épaisseur des écorces, des conditions d'humidité, etc. Ces influences agissent d'une manière si prépondérante sur l'aspect et la fabrique des stroma, que nous considérons comme sans valeur génétique fondée les variétés énumérées ci-dessus. Elles ne sont que des résultats phénologiques, ne réapparaissant pas dans d'autres conditions.

Par contre, des différences de dimensions aussi fortes que celles signalées pour la variété *Arbuti*, ou trouvées sur *Juglans*, *Quercus* et *Tilia*, indiquent des causes génétiques réelles. Jamais, les agents extérieurs, dans toutes nos mesures, ne se sont avérés capables de modifier aussi profondément les dimensions des ascospores. Nous considérons donc ces variétés comme fondées.

Toutefois, il serait préférable de renoncer à des appellations telles que *var. Arbuti*, car les races de *Valsa ceratophora* peuvent vivre sur le même hôte. Pour établir d'une manière rationelle la subdivision biologique de cette espèce, il faudrait en isoler le plus grand nombre possible de clones, les comparer en culture, puis les inoculer sur plusieurs végétaux dans des conditions égales. Un tel travail, intéressant certes, dépasse le temps dont nous disposons. Heureux serions-nous si au moins cette espèce était mieux connue.

Chap. II
Etude de *Valsa Cypri* Tul.

Indiquée par Nitschke comme rare, *Valsa Cypri* est fréquente dans le Bas-Valais, surtout dans les buissons auxquels on a mis le feu. A cause de la petitesse de son disque, elle échappe toutefois à l'oeil même averti, bien que sa structure permette de la reconnaître aisément.

A. Structure du stade parfait

Dans une fructification à son début, l'ectostroma a l'aspect d'un petit cône s'enfonçant dans le périderme. Ses côtés se brunissent et se fixent aux cellules du suber. En coupe, ils apparaissent comme deux lignes noires, sorte de piliers entre le périderme et le dessus des périthèces. Ces derniers naissent dans l'entostroma. Ils ont un corps globuleux noir et des cols courts soudés entre eux (fig. 3). Lorsqu'on arrache le péri-

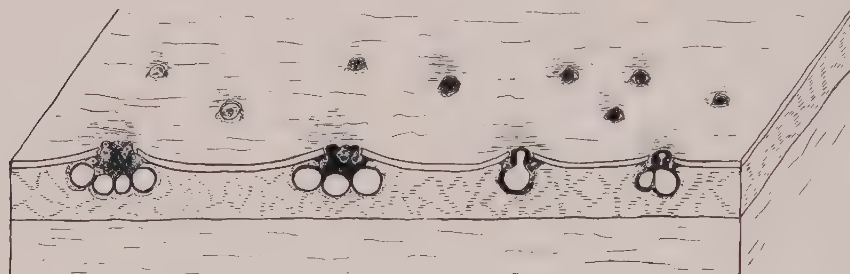


Fig 3
Représentation schématique de *Valsa Cypri* Tul.
(agr. approx 10×)

derme, tous les périthèces viennent avec lui, demeurant collés les uns aux autres. Ils forment une masse arrondie, si typique qu'on reconnaît presque immédiatement cette espèce déjà à ce seul caractère. Les places où se trouvaient les périthèces restent marquées dans l'écorce comme de petites loges constituées par des couches d'hyphes blanchâtres. Ces hyphes proviennent de l'entostroma, non de la paroi du périthèce.

Un disque vrai ecto- ou entoplacodial n'existe pas. Ce que l'on aperçoit extérieurement, dans la déchirure du périderme, résulte de l'assemblage des ostioles soudées en une surface presque plane, noire et percée de pores assez étroits. Quelquefois, surtout lorsque l'écorce est humide, les ostioles peuvent s'allonger, mais très faiblement. Elles deviennent alors discernables sous une forte loupe.

B. Structure du stade imparfait: *Cytospora Cypri* nov. comb.

Les pycnides de *Valsa Cypri* et de quelques espèces voisines représentent, comme le disait Nitschke (l. c. p. 209), quelque chose

d'étranger dans les *Euvalsa*. Elles n'ont, en effet, qu'une seule loge entourée d'une paroi épaisse. Cette structure, si différente de celle des *Cytospora*, nous a valu plusieurs appellations synonymes, par exemple: *Cytospora (Phoma) pruinosa* Sacc., *Michelia*, V, p. 519, 1879; *Cytospora minuta* Thüm. Mycoth. univ. p. 890, 1880; *Dendrophoma pruinosa* (Fr.) Sacc. Syll. III, p. 179, 1884; *Cytophoma pruinosa* (Fr.) v. Höhn., Frag. zur Mykol., *16*, p. 3, 1914; *Cytophoma pruinosa* (Fr.) v. Höhn. *var. ligustri* (Strasser) Gutner, 1934.

Grâce à de très nombreuses coupes, nous avons eu le plaisir de pouvoir reconstituer les différents stades d'une pycnide en voie de formation (fig. 4).



Fig. 4
Développement de *Cytospora Cypri*
(Gros env. 25 ×)

Les hyphes rampant dans l'écorce se réunissent d'abord sous le périderme. On voit un petit peloton de filaments hyalins qui bientôt s'agrandit et s'entoure d'une membrane. Cette dernière se compose finalement de 8 à 10 assises de cellules. Les deux ou trois rangées extérieures, noires et coriaces, forment un paraplectenchyme, qui s'épaissit au sommet de la pycnide et la fixe au périderme, en s'infiltrant jusque dans les couches de suber. Cet épaississement annulaire présente une lointaine analogie avec le *clipeus* des Clipeosphaeriacées. Les rangées internes de la paroi sont plus hyalines, riches en protoplasme et allongées. Elles se réunissent vers le haut de la sphère pour former un col qui passe à travers l'anneau, repousse peu à peu le périderme, le rompt et apparaît au dehors comme un petit mamelon noir (160—270 μ). Un disque vrai n'existe pas. Ce que l'on aperçoit extérieurement n'est que le sommet épaissi du col, percé d'un pore d'où sortira le cirrhe verdâtre, constitué par des milliers de spores agglutinées. Si l'on coupe le sommet de la pycnide parallèlement à l'écorce, on remarque deux cercles noirs et, au centre, le trou du pore. Le premier cercle correspond à l'anneau fixateur, le second à l'ostiole. Entre ces deux anneaux, s'étend une masse blanchâtre d'hyphes. Elle peut devenir visible sur de vieilles pycnides et prendre l'aspect d'un disque blanc.

Bien avant que le périderme ne se rompe, alors que seule une légère voussure trahit à peine la présence d'une pycnide, des spores mûres sont

déjà formées dans la loge centrale. La paroi est tapissée intérieurement de sporophores branchus. De longues hyphes partent aussi des assises internes, portant à leur extrémité et sur leurs côtés des fascicules divergents de sporophores. Leur présence rend le "*nucleus*" plus ferme que chez les autres *Cytospora*.

Sur gélose, les pycnides se forment de même manière. La membrane se fixe par ses bords à la surface de l'agar-agar; l'orientation des cols ne paraît donc pas obéir à un géotropisme, mais dépendre de la résistance offerte par le substrat (périderme).

Contrairement à ce qu'observa v. Höhnel (1914), nous avons vu à plusieurs reprises des plis dans la paroi et même de véritables cloisons, ce que signale aussi Grove (1935). La création du genre *Cytophoma* était donc superflue. Les *Cytophoma* de von Höhnel, comme d'ailleurs les *Cytonaema* et *Torsellia* ne sont ordinairement que des formes plus ou moins évoluées de *Cytospora*. Nous reviendrons sur cette question à la fin de ce travail. Mais, dès à présent, nous considérons comme logique d'appeler la forme imparfaite de *V. Cypri* : *Cytospora Cypri*.

Le stade imparfait se comporte comme un hémiparasite.

Tableau 5

Dimensions de *Valsa Cypri*

(en μ)

Sorte de fructification	Extrêmes	Moyenne
1. *Pycnide*		
Hauteur totale	400—660	550
Largeur	360—800	720 ± 63,5
Longueur du col	150—220	200
Largeur du "disque"	120—270	200
Longueur des pycnospores A . .	3—7	*5,5 ± 0,35*
Longueur des pycnospores B . .	4—8	*5,9 ± 0,66*
Largeur des pycnospores A . .	0,8—2,0	*1,15 ± 0,25*
Largeur des pycnospores B . .	0,8—2,0	*1,45 ± 0,28*
2. *Stade parfait*		
Hauteur du stroma	450—720	635 ± 81,6
Largeur du stroma	720—1100	1000
Largeur du "disque"	170—450	400
Largeur des périthèces	225—550	393 ± 45,9
Hauteur des périthèces	315—450	396 ± 55,8
Longueur des cols	180—320	256 ± 36,9
Largeur des pseudoparaphyses .	6—10	8
Longueur des asques A	43—56	*49,2 ± 2,90*
Longueur des asques B	40—60	*50,3 ± 8,60*
Largeur des asques A	6—10	*8,5 ± 0,80*
Largeur des asques B	6—10	*8,3 ± 0,80*
Longueur des ascospores A . .	8—17	*13,5 ± 1,35*
Longueur des ascospores B . .	12—15	*13,7 ± 0,60*
Largeur des ascospores A . . .	1,5—4	*2,4 ± 0,33*
Largeur des ascospores B . . .	1,5—3	*2,2 ± 0,21*

C. Données biométriques de *Valsa Cypri* Tul.

Deux échantillons ont été plus spécialement mesurés; l'un (A) fut cueilli à Muraz (Bas-Valais) en 1936, l'autre à Monthey en 1939, sur *Ligustrum vulgare*.

Comme on le voit dans le tab. 5, les dimensions de ces deux échantillons, cueillis à plusieurs kilomètres de distance et à 3 ans l'un de l'autre, sont étonnamment égales, surtout celles des asques et des ascospores. Tulasne, Nitschke et Winter indiquent des ascospores et des asques plus allongés. Les dimensions données par Traverso correspondent aux nôtres.

D. Comportement de *Valsa Cypri* in vitro

L'aspect du mycélium sur gélose à pommes de terre est bien caractéristique. Les hyphes aériens sont blanchâtres; ceux de surface ou immergés forment par contre une masse couleur cannelle à chamois (Répertoire des couleurs, 1905). A partir du point d'inoculation en boîte de Petri, les hyphes ne croissent pas toujours régulièrement. Certains groupes de filaments avancent plus vite que leurs voisins.

Des pycnides sont rarement formées.

Les exigences thermiques, établies comme pour l'espèce précédente, sont assez élevées (tab. 6).

Tableau 6

Croissance de *Valsa Cypri* à différentes températures

(gélose à pdt, 115 heures)

°C	Diamètre (mm)	°C	Diamètre (mm)
0,4	0	16,6	32 ± 4,5
3,5	0	19,0	36 ± 7,6
6,5	traces	21,6	54 ± 4,7
9,7	9 ± 2,9	25,1	65 ± 1,1
11,9	12 ± 5,7	28,8	21 ± 2,3
14,2	22 ± 5,7	32,9	traces

L'optimum se trouve vers 25° C, le maximum à 34° C et le minimum, déterminé en prolongeant l'essai, est inférieur à 0° C. Cette espèce croît à une rapidité moyenne de 0,57 mm par heure à la température optimale.

Les besoins en substances auxogènes n'ont pas pu être entièrement déterminés. Toutefois, *Valsa Cypri* s'est montrée auxo-hétérotrophe, étant incapable d'utiliser les milieux synthétiques privés de vitamines.

Chap. III
Valsa pruinosa (Fr.) *n. sp.*

Fries E. a décrit (Syst. Myc. II, p. 486, no. 406, 1823) une *Sphaeria pruinosa* très commune sur *Fraxinus*. Depuis lors, la forme par-

faite de ce champignon est restée introuvable. Tulasne, Nitschke, Winter, nous font part avec étonnement de leurs recherches infructueuses. Après avoir examiné durant 7 hivers des rameaux de frêne parasités, nous avons eu la chance d'en trouver, à Monthey (Bas-Valais), quelques-uns recouverts de pycnides et aussi de conceptacles à périthèces. Ces derniers correspondent bien à la description de Fries: "*perithecia saepe irregulariter circinantia, ostiolis confertis, vix prominent*", etc.

A la page 480, no. 391 du même volume, on trouve la description d'une *Sphaeria ocellata: "peritheciis globosis, omnino simplicis, glabris, nudis (nec pruinosis), structura ad Cytisporas accedente . . . Ad ramos Fraxini, Salicis, etc.*" Fries a certainement voulu dépeindre ainsi le *Cytospora (Cytophoma)* croissant en abondance sur frêne. Il est probable, toutefois, que celui sur saule, bien que semblable, appartient à une autre espèce.

Nous avons mis en culture et étudié plus à fond notre découverte sur frêne et sommes arrivé à voir qu'il s'agit d'une espèce très voisine de *Valsa Cypri*, mais cependant réellement distincte. Puisque Fries l'avait déjà partiellement décrite, nous lui donnons son nom original: *Valsa pruinosa* (Fr.) n. sp.

A. Comportement de *Valsa pruinosa* in vitro

La corrélation des deux stades fut d'abord établie au moyen de cultures pures à partir d'ascospores et de pycnospores. Toutes donnent un mycélium presque identique, avec peu d'hyphes aériens et une coloration jaune-brun de la nappe des filaments superficiels. Aux températures élevées (20—24° C), cette couleur devient franchement brune (ocre d'Oran selon le Répertoire des couleurs, 1905).

Des pycnides assez nombreuses sont produites.

Les exigences thermiques sont plus élevées que celles de *Valsa Cypri* (tab. 7), du moins chez les souches étudiées. Malgré notre désir, un plus grand nombre n'a pas pu être expérimenté.

Tableau 7

Croissance de *Valsa pruinosa* à différentes températures

(durée 111 heures, gélose à pdt.)

°C	Diamètre (mm)	°C	Diamètre (mm)
0,6	0	18,4	47 ± 1,95
3,8	traces	20,5	65 ± 2,76
6,9	traces	23,3	73 ± 3,19
10,9	11 ± 0,78	26,4	83 ± 4,17
13,5	23 ± 1,67	30,0	73 ± 1,22
15,8	34 ± 2,76	33,8	22 ± 2,0

Le minimum se trouve vers 0° C, l'optimum à 26—27° C et le maximum, proche de 36—37° C. Pour *Valsa Cypri*, ces données (tab. 6) sont de 0°, 25° et 34° C. La croissance à la température optimale est aussi plus rapide (0,75 mm contre 0,57 mm à l'heure). Ces essais portant sur 60 boîtes de Petri ont mis très en évidence les différences de couleur et d'épaisseur des mycélium de *Valsa pruinosa* et de *Valsa Cypri*. La première a, en outre, une croissance plus régulière, ce que montrent les erreurs moyennes plus faibles.

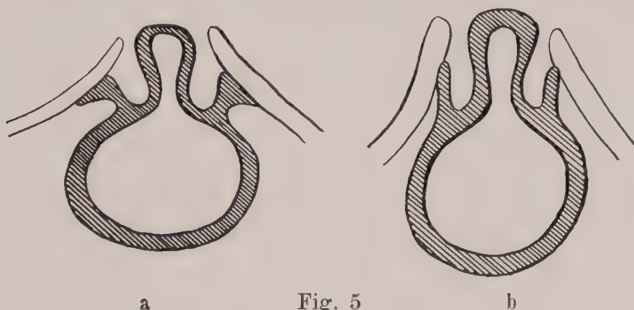
Biologiquement, ces deux champignons sont sûrement différents.

B. Structure des fructifications de *Valsa pruinosa*

Cette espèce et la précédente ayant beaucoup d'analogie, nous voulons surtout préciser ce par quoi elles diffèrent l'une de l'autre.

a) Stade asexué: *Cytospora pruinosa* nob. nec Sacc.

La structure interne des pycnides uniloculaires, les diverses étapes de développement, les dimensions des pycnospores (tab. 5 et 8) ne diffèrent pas visiblement de celles de *Valsa Cypri*. Les cols sortent aussi comme



a Fig. 5 b

a) Pycnide de *Valsa Cypri* Tul. *(Cytospora Cypri* nob.)
b) Pycnide de *Valsa pruinosa* (Fr.) nob. *(Cytospora pruinosa* nob. nec Sacc.)
(agr. 25 ×)

de petits mamelons arrondis et noirs; les cirrhes d'abord vert-clair deviennent également vert-sombre, non pas gris comme l'indique Gutner (1934, p. 468). Par contre, les pycnides sur frêne sont très nombreuses, se touchant parfois entr'elles et crevant le périderme de toutes parts. Cette richesse du stade imparfait paraît une propriété spécifique, car elle se remarque même dans les cultures pures. En outre, les pycnides sont plus hautes et moins larges (fig. 5). Les cols plus allongés, sortent davantage sur le périderme, ce que l'on aperçoit même à l'oeil nu ou bien au toucher.

A supposer que ces deux *Cytospora* croissent sur le même hôte, il ne sera, toutefois, pas très aisé de les déterminer. Pourtant, les différences indiquées, si elles ne sont pas trop modifiées par le végétal restent suffi-

samment perceptibles à un oeil exercé. En cas de doute, la mise en culture permettra un jugement définitif.

Comme nous l'avons déjà indiqué en partie, Saccardo (*Michelia*, I, p. 519, 1879) avait appelé *Cytospora (Phoma) pruinosa*, puis *Dendrophoma (Fr.) Sacc.* (Syll. III, p. 179, 1884) les *Cytospora* vivant sur frêne et sur troëne. v. Höhnel (1914) créa pour eux un genre nouveau: *Cytophoma* avec comme seule et unique espèce *Cytophoma pruinosa* (Fr.) v. Höhnel. Ces deux *Cytospora* appartenant à des espèces différentes, il devient nécessaire de les séparer. Nous nommons la forme imparfaite de *Valsa Cypri: Cytospora Cypri* nob. et la forme imparfaite de *Valsa pruinosa: Cytospora pruinosa* nob. nec Sacc. Il vaudrait peut-être mieux créer un terme nouveau pour ce dernier, mais nous estimons qu'il faut autant que possible appeler du même nom spécifique la forme parfaite et la forme imparfaite d'un même champignon.

Certaines pycnides de *Valsa pruinosa* possèdent aussi des plis ou des débuts de cloisons dans leur paroi. Inutile donc de créer un genre nouveau *(Cytophoma)!*

Il existe sur *Syringa vulgaris* un *Cytospora (Cytophoma Syringae* Gutner, 1934, p. 469), uniloculaire, semblable à la forme imparfaite de *Valsa Cypri* ou de *Valsa pruinosa*. Les échantillons cueillis à Lausanne sont couverts de pycnides se rapprochant beaucoup plus de *Cytospora pruinosa* que de *Cytospora Cypri* par leurs dimensions et leur forme. Les pycnospores atteignent des longueurs allant de 4 à 8 μ, en moyenne 5,7 ± 0,74 μ, et des largeurs variant de 0,8 à 2 μ, 1,3 ± 0,25 μ en moyenne. Les sporophores branchus mesurent 8—10 × 1—2 μ.

Sur gélose à pommes de terre, le mycélium produit une nappe épaisse, d'abord blanc-crème, puis brune. Nous rattachons donc cette forme à *Cytospora pruinosa*. Elle ne doit pas être confondue, comme semble le faire Gutner (1934, p. 469), avec *Cytospora Syringae* Sacc., la forme imparfaite de *Valsa Syringae* Nit., très distincte de la précédente par ses conceptacles à plusieurs loges, son ectostroma développé et grisâtre, etc.

b) Structure du stade parfait

Comme chez *Valsa Cypri*, le disque n'est pas d'origine stromatique. Il est formé en majeure partie par les ostioles étroitement soudées. Ces dernières sont encore moins perceptibles que chez l'espèce précédente. Extérieurement, on ne distingue à l'ordinaire qu'une surface plane, noire, avec parfois des pores très étroits. Ce "pseudodisque" émerge à peine du périderme, moins en tout cas que celui des pycnides. C'est vraisemblablement pour cette raison que le stade parfait de *Valsa pruinosa* n'a pas été retrouvé avec certitude depuis Fries.

Les périthèces sont aussi entourés d'hyphes entostromatiques, mais en couches moins épaisses que chez *Valsa Cypri*. Les loges laissées dans

l'écorce sont moins visibles. Souvent même, l'écorce interne est si désagrégée chez le frêne mort que les hyphes entostromatiques restent adhérents aux périthèces ; de là provient peut-être le nom de *pruinosa* donné par Fries.

Le corps des périthèces paraît ovale allongé, plus haut que large (tab. 8) et en moyenne légèrement plus grand que chez *Valsa Cypri* (tab. 5 et 8). Les cols sont aussi un peu plus longs, ils ne naissent pas brusquement, mais la paroi du périthèce se rétrécit peu à peu, en forme de poire.

C. Données biométriques de *Valsa pruinosa*

Nous avons résumé dans le tab. 8 les mesures d'échantillons cueillis à Monthey et à Muraz (Bas-Valais).

Tableau 8

Dimensions de *Valsa pruinosa* sur *Fraxinus excelsior*

(en μ)

Fructification	Extrêmes	Moyenne
1. *Pycnide*		
Hauteur totale	540—970	810 ± 45,8
Largeur	450—810	630 ± 62,5
Longueur du col	135—405	279 ± 33,2
Largeur du "disque"	225—405	360 ± 54,9
Longueur des sporophores	10—15	12 — 13
Longueur des pycnospores A	4—7	*5,8 ± 0,65*
Longueur des pycnospores B	3—9	*6,2 ± 1,16*
Largeur des pycnospores A	0,75—2,0	*1,20 ± 0,21*
Largeur des pycnospores B	0,75—2,5	*1,50 ± 0,32*
2. *Stade parfait*		
Hauteur du stroma	400—900	670 ± 64
Largeur du stroma	840—1080	960
Largeur du "disque"	180—260	240
Largeur des périthèces	370—580	453 ± 36,8
Hauteur des périthèces	360—750	527 ± 13,4
Longueur des cols	270—360	315 ± 11,7
Largeur des pseudoparaphyses	3—10	7 — 8
Longueur des asques A	44—70	*55,0 ± 5,10*
Longueur des asques B	45—67	*57,7 ± 4,85*
Largeur des asques A	7—11	*9,0 ± 0,88*
Largeur des asques B	7—11	*8,7 ± 0,68*
Longeur des ascospores A	9—18	*12,8 ± 1,27*
Longeur des ascospores B	10—16	*12,8 ± 0,99*
Largeur des ascospores A	2—4	*2,85 ± 0,37*
Largeur des ascospores B	1,5—3,5	*2,80 ± 0,27*

En comparant les tableaux 5 et 8, on remarque que non seulement les pycnides et les périthèces de *Valsa pruinosa* sont un peu plus grands, mais que les asques sont plus longs et plus larges. Les modes des longueurs pour les asques de *Valsa pruinosa* sont d'environ 10 μ plus élevés que ceux

de *Valsa Cypri*. Les ascopores de la première sont par contre plus courtes et plus larges que celles de la seconde. Certaines d'entr'elles sont presque ovales, mesurant 8—9 × 3 μ, tandis que d'autres plus longues sont droites ou courbées (fig. 7). Les asques paraissent parfois très larges à leur sommet.

D. Résumé des caractères séparant *Valsa pruinosa* de *Valsa Cypri*

Valsa pruinosa se distingue de *Valsa Cypri* par:

Des pycnides, des périthèces, des asques plus grands; des ascospores plus petites et plus larges; une production de pycnides plus riche des exigences thermiques plus élevées; un mycélium de couleur brune plus foncée.

E. Relations avec les autres espèces de *Valsa* vivant sur *Fraxinus*

Contrairement à ce que dit von Höhnel (1928, p. 21—23) il n'y a pas seulement deux *Valsa* sur *Fraxinus (V. ambiens* et *V. Cypri)*. Nous avons trouvé *Valsa ceratophora* très fréquemment sur des branches mortes de frêne ainsi qu'un rare *Leucocytospora* indéterminé. Diverses autres espèces ont été signalées notamment:

Valsa Syringae Nit. (Traverso, 1906, p. 88).
Valsa mediterranea de Not., Sfer. ital. p. 38, 1863; Traverso, 1906, p. 100.
Valsa leucopsis Ell. et Ev., Proc. Acad. Philad. 1895, p. 425; Sacc. Syll. XIV, 484.
Valsa grisea Peck. Torr. Bot. Club, 1884, p. 28, Sacc. Syll. IX, p. 451.
Valsa fraxinina Peck. Torr. Bot. Club, 1884, p. 28; Sacc. Syll. IX, p. 452.
Valsa Orni Rehm, Ascom. Lojk no. 15, p. 37; Sacc. Syll. II, add. p. VI.

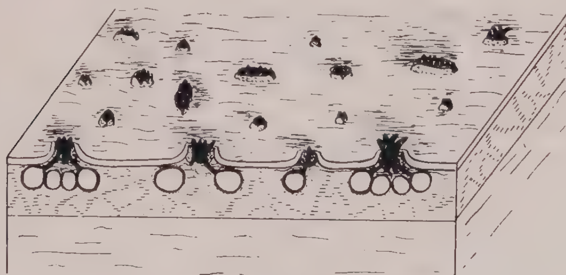


Fig. 6
Représentation schématique de *Valsa fraxinina* Peck. (agr. env. 10 ×)

Valsa Syringae Nit. que nous avons trouvée sur lilas à Lausanne, se distingue sans peine de *Valsa pruinosa* par la petitesse de son disque grisâtre et par toute sa structure.

Valsa mediterranea de Not. possède, selon Traverso (l. c.), des cols allongés, fasciculés, émergents, donc bien différents de ceux de notre espèce.

Valsa leucopsis Ell. et Ev. et *Valsa grisea* Peck., pour autant qu'on peut le voir dans les descriptions fort sommaires de Saccardo, ont des dimensions tout autres que celles indiquées au tab. 8.

Valsa fraxinina Peck. paraît être une espèce bien caractérisée et très distincte de *Valsa pruinosa.* Nous avons examiné l'exsicc. no. 1234 de Rehm *Ascomyc.* cueilli on "dead *Fraxinus*, Alcore, New York, 10, 1893, Shear." Cet échantillon ne contient que des stroma à périthèces. La forme imparfaite semble inconnue. Les conceptacles à périthèces très nombreux ont un ectostroma bien marqué formant le disque gris-brun. L'entostroma, peu visible, correspond au type des *Euvalsae circinatae.* Les disques n'atteignent que 200 à 550 μ, ordinairement 480 μ. Les cols des périthèces, assez longs, sortent isolément. On trouve parfois un seul périthèce par stroma, souvent deux ou trois. Les asques mesurent de 41 à 62 μ × 9—11 μ. Les ascospores varient entre 10 et 17 μ de long sur 2 à 4,5 μ de large, en moyenne 14,2 ± 0,85 × 3,2 ± 0,47. L'examen de la fig. 6 permettra de distinguer immédiatement cette belle espèce de *Valsa pruinosa.*

Valsa Orni trouvée par Rehm sur *Fraxinus Ornus* paraît avoir la même structure que *Valsa Cypri* et *Valsa pruinosa.* La brève description de Sacc. II, Add. p. VI. donne 15 × 3—4 comme mesures des ascospores. Ces dimensions sont bien supérieures à celles de nos échantillons. v. Höhnel (l. c.) pense que *Valsa Orni* est probablement identique à *Valsa Cypri.* Vu l'absence d'échantillon et l'insuffisance des descriptions, il est impossible de savoir si la détermination de Rehm a quelque valeur. Même si cet auteur avait en vue notre espèce, il aurait dû l'appeler *Valsa pruinosa,* car la description de Fries ne laisse aucun doute. Toutefois, la grandeur des ascospores rend l'hypothèse de l'identité de *Valsa Orni* et de *Valsa Cypri* beaucoup plus plausible.

Pour tous les motifs exposés, nous devons considérer notre découverte sur *Fraxinus excelsior* comme une espèce distincte de celles décrites jusqu'ici et nous en donnons ci-après la diagnose:

Valsa pruinosa (Fr.) *n. sp.*

Conceptaculis minutis (0,8—1,2 mm), vix protuberantibus, numerosis, compositis, cum ectostromate parvulo, atro, in peridermio fixo, tectis; peritheciis in singulo stromate 3—8, hyphis entostromaticis nidulantibus, peridermio detracto plerumque adhaerentibus, 350—600 μ (450) latis, 350—750 μ (530) altis, collis brevibus (250 360 μ) instructis; ostiolis densissime confertis nec discretis, discum atrum, vix emersum formantibus; pseudoparaphysibus teneris, 7—10 μ latis; ascis octosporis, subclavatis, 44 — 70 × 7 — 11 μ (56 — 60 × 9); ascosporis irregulariter distichis vel fere conglobatis, allantoideis, hyalinis, 9 — 18 × 1,5 — 4 μ (12,8 × 2,8 μ).

Status imperfectus *Cytospora pruinosa* nob. nec Sacc. dicitur.

Syn.: *Sphaeria ocellata* Fr. S. V. S, II, p. 480, 1823, p. p.
Cytospora (Phoma) pruinosa Sacc., Michelia, I, p. 519, 1879, p. p.

Cytospora minuta Thüm. Mycoth. univ. p. 890, 1880.
Dendrophoma pruinosa (Fr.) Sacc., Syll. IV, p. 179, 1884, p. p.
Cytospora melasperma Fr. var. *fraxini* Alletsch, Hedw. p. 265, 1895.
Cytophoma pruinosa (Fr.) v. Höhn. Fr. 2. Myk. XVI, p. 3, 1914.
Cytophoma Syringae Gutner, 1934, p. 469.

Pycnidiis unilocularíis, rarius parietum rudimentis praeditis, numerosissimis, dense confertis, satis prominentibus; collis apice incrassatis erumpentibus, disculum atrum formantibus; pycnosporis allantoideis, hyalinis, 3—9 × 0,8—2,5 μ (6 × 1,3 μ), in cirrhos olivaceos, vel atrovirentes expulsis.

Mycelio in agaro Solani tuberosi fulvo, pycnidias satis numerosas formante.

Hab.: in Fraxini excelsioris et Syringae vulgaris ramis, Helvetia.

A *Valsa Cypri*, cui affinior, dimensionibus, stromatibus numerosioribus colore, mécellii biologiaque recedit.

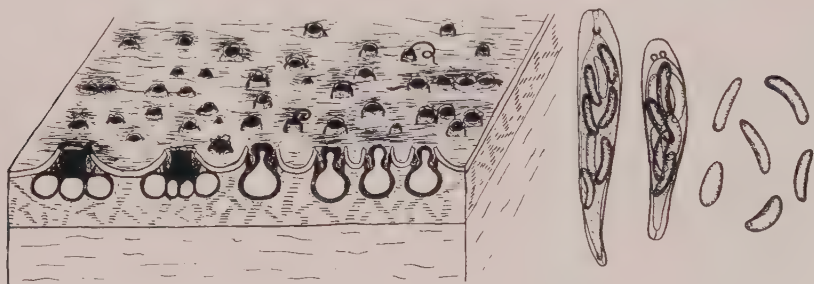


Fig. 7
Représentation schématique de *Valsa pruinosa* (Fr.) n. sp.
(agr. env. 10 ×). Asques et ascospores agr. 500 ×

Chap. IV

Leucostoma Curreyi (Nit.) *comb. nov.*

"Une des plus belles et des plus typiques *Euvalsae*, si caractérisée par une petite papille noire surmontant les ostioles, qu'elle ne saurait être confondue une fois reconnue." Tel est à peu près le jugement de Nitschke (l. c. p. 202) sur l'espèce qu'il dédia à Currey.

Nous avons cueilli cinq hivers de suite ce champignon dans des forêts de mélèzes au-dessus de Monthey. Son aspect correspond, en effet, si bien à la description de Nitschke que nous étions prêt à le classer comme connu. Mais, en coupant les conceptacles, nous fûmes fort étonné de les trouver limités à leur base par une zone noire, telle qu'en possèdent les *Leucostoma*. Aucun traité systématique ne rapporte ce caractère. D'autre part, aucune *Leucostoma* d'égales dimensions n'a été signalée sur *Larix decidua*. Une étude de cette espèce devient donc nécessaire.

A. Structure des conceptacles de *Leucostoma Curreyi*

A l'Herbier helvétique des cryptogames, nous avons pu examiner trois échantillons. Deux ont été cueillis sur *Larix*, l'un par v. Tavel à Munster, le 5. 6. 87; l'autre par Ludwig, en Westphalie, le 10. 11. 1926. Le troisième vient de Weißkirchen où il fut récolté par Petrak sur *Pinus silvestris*, en janvier 1912. Ce dernier échantillon ne porte aucune *Valsa*, mais une *Nectriacée*. Les deux autres exsiccats sont conformes aux nôtres. Celui de v. Tavel, cueilli en juin, ne contient que des fructifications à peu près vides; celui de Ludwig, par contre, est demeuré en bon état. Tous deux ont des conceptacles ceints d'une zone noire sclérotique.

a) Stade imparfait: *Leucocytospora Curreyi* (Sacc.) *comb. nov.*

Les pycnides se signalent par un disque rond, grisâtre, percé d'un très petit pore. Leur grosseur, très variable, dépend de l'épaisseur du rhytidome qui, surtout sur les branches de mélèze un peu épaisses, offre une grande résistance. De là provient vraisemblablement le fort développement de l'ectostroma qui doit percer le périderme et les couches de liège pour former le disque. L'entostroma, limité par une zone sclérotique toujours visible, contient des restes d'écorce bien reconnaissables à leur coloration rougeâtre. Les loges fructifères semblent naître dans cette partie de stroma, sous le cône de rupture. Leurs parois tapissées de conidiophores sont déliquescentes, si bien qu'une grosse cavité se forme très tôt au centre de la pycnide. Elle s'agrandit peu à peu aux dépens des loges latérales et se remplit de spores enrobées dans des matières mucilagineuses. Sous la pression qu'exercent ces masses comprimées par le périderme et l'écorce, surtout après la pluie, les spores sortent par l'ostiole sous forme de cirrhes rosâtres, ou par temps très humide, sous forme de boules rose-pâle. Des coupes faites dans des pycnides âgées montrent une grosse cavité centrale vide avec, dans les bords, les restes de nombreuses parois appartenant aux premières loges. Au fond, on constate souvent une petite protubérance remplie d'hyphes; elle résulte du fait que les diverses loges ne se sont pas soudées en une seul paroi unie. Les pycnospores allantoïdes, légèrement courbées en virgule, naissent sur des sporophores ordinairement moins branchus que dans les *Cytospora* décrits précédemment. Tous les hyphes des parois de la pycnide semblent capables de se transformer peu à peu en de tels sporophores qui recouvrent le pourtour des loges d'une couche haute de 20 à 30 µ. Chacun d'eux isolément ne mesure toutefois que 10 à 15 µ sur 1 à 2 µ de large.

b) Structure du stade parfait

Les conceptacles du stade parfait sont en général un peu plus volumineux et plus proéminents que ceux du stade imparfait. Ils rompent le

rhytidome comme des pustules disposées plutôt en long, mais aussi en tous sens, suivant les lignes de moindre résistance du périderme. Les périthèces sont formés dans l'entostroma. Leurs cols traversent d'abord les hyphes moins denses de la base de l'ectostroma, puis, très souvent, repoussent au dehors ce dernier qui, avant de tomber, reste parfois assez longtemps retenu au périderme coriace. Tantôt les ostioles, très larges et arrondies, occupent le disque entier, tantôt elles se cassent lorsque l'entostroma tombe et paraissent tronquées. Les hyphes bordant le pore possèdent la faculté de croître par temps humide, tandis que celles du pourtour de l'ostiole en sont incapables. Ainsi se forment les petites papilles noires décrites par Nitschke. En vérité, de telles papilles ne se

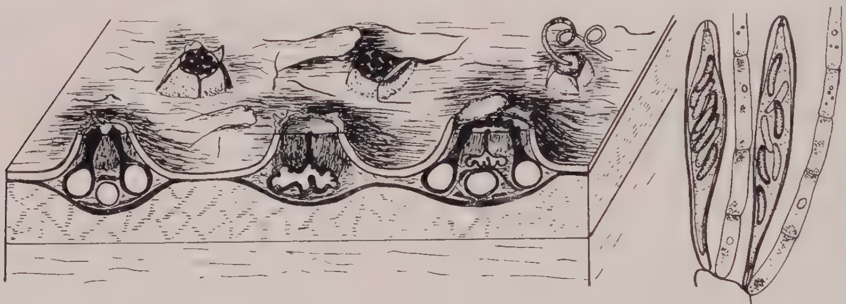


Fig. 8
Représentation schématique de *Leucostoma Curreyi* (Nit.) nov. comb.
(agr. 10×) Asques et ascospores agr. 500×

constatent pas uniquement chez *Leucostoma Curreyi*, mais aussi chez d'autres *Valsa*, par exemple chez *Valsa ambiens*. Les asques sont allongés, sessilles, dépourvus de pédicelle vrai. Leur membrane paraît assez épaisse au sommet; elle y est traversée par un pore, bordé à sa base d'un anneau, comme chez toutes les Valsées. La disposition des ascospores ne paraît pas déterminée par des lois bien rigides, car elle est très irrégulière. De longues pseudoparaphyses, assez nombreuses, à parois minces et cloisonnées, existent dans tous les "*nucleus*".

Les stroma à périthèces sont tous limités par une couche basale noire, aussi bien les échantillons de v. Tavel et de Ludwig que les nôtres. Fréquemment, les conceptacles parfaits contiennent des pycnides dont le pore est encerclé sur le disque par les ostioles des périthèces. Parfois, les corps de ces derniers, en grandissant, repoussent au dehors la pycnide sous laquelle ils sont nés; d'autres fois, au contraire, ils la compriment entre eux et l'écrasent au fond du stroma.

B. Données biométriques de *Leucostoma Curreyi*

Le tab. 9 résume les principales mesures des divers échantillons étudiés.

Tableau 9

Dimensions de *Leucostoma Curreyi*

(en μ)

Fructification	Extrêmes	Moyenne
1. *Conceptacle imparfait*		
Hauteur totale	750—900	850
Largeur du stroma	900—1400	1200
Largeur du "disque"	450—650	500
Longueur des sporophores	8—15	10—12
Longueur des pycnospores	2—8	4—5
Largeur des pycnospores	0,8—2,5	1—1,5
Epaisseur de la paroi	10—20	15—18
Epaisseur de la zone basale	20—90	30—50
2. *Conceptacle parfait*		
Hauteur du stroma	900—1200	1000
Largeur du stroma	1200—1800	1500
Largeur du "disque"	500—700	600
Largeur des périthèces	300—450	360
Hauteur des périthèces	360—480	380
Epaisseur de la paroi	30—50	40
Longueur des cols	300—420	360
Epaisseur de la zone basale	30—110	50—70
Largeur des pseudoparaphyses	6—9	7—8
Longueur des asques	47—84	58—62
Largeur des asques	6—10	7—8
Longueur des ascospores	7—21	12—14
Largeur des ascospores	1,5—4	2,5—3

Nitschke, suivi par Winter, Saccardo et Traverso, indique comme dimensions, pour les asques 68 — 76 × 8 — 9 µ et, pour les ascospores, 12 — 16 × 2,5 — 3 µ (exceptionnellement 20), ce qui correspond à peu près à nos données. Ce même auteur (l. c. p. 202) remarque avec étonnement que des pycnospores très petites (2—3 × 1 µ) se voient presque dans chaque préparation, en compagnie d'autres plus grandes (4—5 × 1 µ) ; il se demande comment et pourquoi elles sont produites. Nous avons aussi observé chez *Leucostoma Curreyi* de si fortes variations dans la grandeur des asques et des spores que nous avons parfois douté de son unité. Mais, après avoir comparé à plusieurs reprises les conceptacles, nous n'y avons trouvé aucune différence essentielle. Les cultures sur gélose, quoique variables, attestent qu'il s'agit bien de la même espèce. Il faut donc admettre une assez grande variabilité dans les dimensions suivant la grosseur des conceptacles et probablement suivant les influences extérieures. On peut en trouver la preuve dans les tableaux 10, 11 et 12.

L'échantillon A fut cueilli au-dessus de Monthey le 25. 12. 1936 et le B à la même place, le 1. 1. 1941. Sur chacun d'eux, les pycnospores ont été prélevées du même rameau, à la surface de pycnides mûres très voisines. Il semble donc assez évident (tab. 10) que les grosses pycnides

produisent des spores plus longues que celles des conceptacles moins développés. Les différences, toutefois, n'affectent que la taille des spores et non leur mode de formation, ni leur signification. Il ne s'agit pas d'une forme différente de pycnospores, mais simplement de variations dans la longueur.

Tableau 10
Variations des pycnospores de *Leucostoma Curreyi*
(n = 50, en μ)

Echantillon	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
A. Grosse pycnide	4—8	5,4 ± 0,62	1,0—2,5	1,30 ± 0,15
A. Petite pycnide	2—6	4,0 ± 0,70	0,8—2,0	1,20 ± 0,23
B. Grosse pycnide	4—7	5,3 ± 0,65	1,0—2,0	1,40 ± 0,22
B. Petite pycnide	2—6	4,3 ± 0,77	0,8—2,0	1,20 ± 0,22
B. Pycnide moyenne	2—7	4,4 ± 0,95	0,8—1,5	1,05 ± 0,25
B. Pycnide très proche . . .	2—6	4,1 ± 0,74	0,8—2,0	1,30 ± 0,22
Ludwig, 1926	3—7	5,1 ± 0,61	0,8—2,0	1,15 ± 0,23

Ces variations se remarquent naturellement encore davantage chez les asques (tab. 11). Sur des branches épaisses certains asques peuvent atteindre jusqu'à 84 μ (tab. 11, B), tandis que sur de petits rameaux leurs dimensions sont en général plus faibles (A., Ludwig). Leurs largeurs, par contre, se montrent constantes, proches de 8 μ en moyenne.

Tableau 11
Dimensions des asques de *Leucostoma Curreyi*
(n = 100, en μ)

Echantillon	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Echantillon A	49—74	60,5 ± 6,09	6—9	7,4 ± 0,42
Ludwig, 1926	48—66	57,8 ± 4,02	6—10	7,8 ± 0,76
B. Grosse périthèce	58—84	69,8 ± 6,16	6—10	7,7 ± 0,59
B. moyenne	47—79	61,9 ± 6,92	5—11	7,9 ± 1,03

Les ascospores ont non seulement une forme plus ou moins allongée ou plus ou moins courbe, mais leurs dimensions semblent dépendre, dans une large mesure, de la grosseur des périthèces et d'autres causes difficiles à préciser. Comme les pycnospores, certaines sont extraordinairement petites. Nous avons mesuré les ascospores issues de périthèces faisant partie du même conceptacle. Le conceptacle A contenait 16 périthèces, tandis que son voisin B n'en renfermait que 4. On constatera dans le tableau 12 que les ascospores provenant de périthèces nombreux

varient beaucoup plus dans leur longueur que celles des périthèces peu nombreux, de ce fait, plus gros.

Tableau 12

Variabilité des ascospores de *Leucostoma Curreyi* suivant le conceptacle

(en μ, n = 50)

Provenance des ascospores	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Conceptacle A (16 périthèces)				
Ascospores du périthèce a	7—18	12,6 ± 2,45	1,5—3,5	2,6 ± 0,35
Ascospores du périthèce b	10—17	13,5 ± 1,47	1,5—3,5	2,9 ± 0,39
Ascospores du périthèce c	8—18	12,7 ± 2,32	1,5—3,5	2,5 ± 0,35
Conceptacle B (4 périthèces)				
Ascospores du périthèce 1	7—18	13,7 ± 2,03	2,0—3,5	2,6 ± 0,29
Ascospores du périthèce 2	9—20	13,8 ± 2,57	2,0—3,5	2,7 ± 0,31
Ascospores du périthèce 3	10—17	13,9 ± 1,34	2,0—4,0	3,0 ± 0,39
Périthèce isolé dans une pycnide	9—21	14,1 ± 2,48	2,0—4,5	3,1 ± 0,11
Ludwig, périthèce a	10—15	12,2 ± 1,25	2,0—3,5	2,5 ± 0,27
périthèce b	11—16	13,4 ± 0,85	1,5—3,0	2,4 ± 0,30
v. Tavel, 5. 8. 1887	7—21	12,9 ± 3,59	1,5—4,0	2,6 ± 0,38

Les variations supérieures à 1,5 µ que l'on remarque entre ascospores des périthèces voisins, ne sauraient être imputées à la technique des mensurations. Non seulement les extrêmes sont, d'une préparation à l'autre, très différents ; mais on remarque immédiatement, par simple comparaison visuelle de deux frottis à l'encre de Chine, que l'un contient des spores plus petites que l'autre. Il faut donc admettre une influence du périthèce et par le fait même du substratum.

C. Croissance de *Leucostoma Curreyi* in vitro

Sur gélose à pommes de terre, les isolements produisent un mycélium d'abord jaunâtre avec des hyphes aériens gris-blanc, plutôt courts, mais réunis en filaments branchus et "raides". Avec l'âge, la couleur du my-

Tableau 13

Croissance de *Leucostoma Curreyi* à des températures graduées

(gélose à pdt., 157 heures)

°C	Diamètre (mm)	°C	Diamètre (mm)
0,2	—	17,0	58 ± 7,9
4,1	Traces	19,4	69 ± 3,8
7,1	Traces	21,9	83 ± 2,1
10,2	14 ± 6,4	25,4	51 ± 4,4
12,3	20 ± 8,2	29,0	Traces
14,6	53 ± 2,4	33,3	—

célium vire au brun-foncé, noirâtre parfois. Des pycnides sont rarement produites. On observe d'assez fortes différences dans la couleur et le développement du mycélium suivant les spores isolées. En outre, cette espèce possède la faculté, peu commune chez les Valsées, de pénétrer parfois profondément dans la gélose. Les hyphes s'y développent irrégulièrement en masses plus ou moins frisées comme de la laine brune.

Lex exigences thermiques paraissent assez peu élevées ainsi qu'en témoigne le tab. 13.

Le minimum se trouve vers 0° C, l'optimum à 22° C et le maximum à 30° C. Le mycélium ne progresse que moyennement vite, soit de 0,53 mm par heure à la température optimale.

Sur milieu synthétique sans vitamines, ni hormones connues, la croissance reste nulle ou très faible. *Leucostoma Curreyi* est donc auxo-hétérotrophe.

D. Discussion des recherches sur *Leucostoma Curreyi*

La diagnose de Nitschke concorde dans ses grandes lignes avec ce qui vient d'être exposé. Il paraît certain que l'auteur a voulu décrire un champignon identique à celui que nous avons trouvé. Trois points, toutefois, soulèvent certaines critiques. Dans le texte cité, il n'est point fait mention d'une zone noire basale. Il semble que l'attention des anciens mycologues ait été complètement captivée par la petite papille noire, luisante, des périthèces; celle-ci une fois vue, le champignon a été classé. Il n'est point fait mention non plus de la couleur des cirrhes sur *Larix*. Par contre, Nitschke affirmait posséder un échantillon de *V. Curreyi* sur *Pinus silvestris;* cet échantillon produisait des pycnides avec des masses de spores semblables à de la résine. Von Höhnel (1926, p. 5) signale aussi *Cytospora Curreyi* sur *Abies*. D'après sa description, ce *Cytospora* est différent de *Leucocytospora Curreyi:* Nous avons trouvé à Belmont près de Lausanne, une *Euvalsa* ayant des asques de 50—60×7—8 μ et des ascospores de 12—14×2—3 μ. Bien que ces dimensions entrent dans le cadre de celles de *L. Curreyi*, cette *Euvalsa* s'en distingue nettement par sa structure et par des cirrhes couleur de résine. Ses ostioles, surmontées parfois d'une papille, peuvent, en outre, s'allonger. Nous croyons donc que cette dernière espèce, décrite nulle part jusqu'ici, est nouvelle. Nitschke, imité par les autres auteurs, l'a confondue avec *Leucostoma Curreyi*. De là provient le caractère hybride de sa diagnose, ce qui nous oblige à en établir une autre.

Leucostoma Curreyi (Nit.) *nov. comb.*

Conceptaculis majusculis 1,5—3 mm, e basi ovali, linea nigra circumscriptis, valde protuberantibus, compositis; ectostromate discum subrotundum, ex sordido fuscescentem formante; entostromate corticis reli-

quias includente; peritheciis in quoque stromate 3—18 (plerumque 5—8), Saepe circa pycnidiam centralem circinantiis vel pycnidiam expellentibus aut eam inter se comprimentibus; collis satis brevibus instructis, ostiolis incrassatis, subglobosis vel angulatis, plurimum papilla minima, atra, nitida, superposita; ascis clavato — oblongis, octosporis, 49—84 × 5—11 μ (58—62 × 8 μ); ascosporis subdistichis vel conglobatis, allantoideis, hyalinis, 7—21 × 1,5—4,5 μ (12—14 × 2,5—3 μ).

Pycnidiis, *Leucocytospora Curreyi* (Sacc.) nob., cum stromatibus perithecigeris saepe intermixtis et similibus sed minoribus, zona basali atra cinctis, radiatim plurilocularibus, deinde, parietibus deliquescentibus, cavitate centrale praeditis; pycnosporis allantoideis, hyalinis, 2—7 × 0,8—2,5 (4—5,5 × 1—1,4 μ), in cirrhos rubescentes tandem protusis. Mycelio in agaro Solani tuberosi ex flavo fusco.

Hab.: in Laricis deciduae ramis, Helvetia et tota fere Europa.

A Leucostoma cincta (Fr.) v. Höhnel, cui affinior, papilla ostiolarum, dimensionibus, mycelii colore, differt.

Chap. V
Hôtes nouveaux ou peu connus de *Leucostoma cincta* (Fr.) v. Höhnel

Lors de nos recherches précédentes (1935), nous avons trouvé *L. cincta* en Suisse sur *Prunus armeniaca* L., *baldschuanica* Rgl., *insititia* L., *oeconomica* Borkh., *Mahaleb* L., *Laurocerasus* L., *lusitanica* L., *Persica* (L.) Stokes, *spinosa* L. et *triloba* Ldl. Nous inoculâmes avec succès cette espèce sur 33 *Prunus* différents. Depuis lors, nous avons fait diverses observations à son sujet et l'avons découverte sur deux hôtes nouveaux: *Cornus sanguinea* L. et *Cydonia maliformis* Miller em. Beck. La variabilité de ce champignon, signalée déjà par Nitschke, a provoqué maintes confusions. Il nous paraît donc utile de résumer les quelques observations recueillies depuis 1935 et d'indiquer les dimensions de cette espèce sur ses hôtes nouveaux (tab. 14).

Malgré l'influence d'hôtes différents et la variabilité de *L. cincta*, les dimensions du tab. 14 entrent bien dans le cadre de celles que nous avions données en 1935 (p. 38—43).

A. *Leucostoma cincta* sur *Prunus Laurocerasus* L.

Les Tulasne ont considéré comme espèce distincte, *Valsa Lauro-Cerasi* Tul., une forme de *Leucostoma cincta*, vivant sur les lauriers-cerises, qu'ils ont caractérisée par la présence d'ascospores ovales et petites. Cette opinion est encore partagée par quelques auteurs, bien que Nitschke (p. 229) l'ait déjà réfutée en trouvant sur d'autres *Prunus (Pr. armeniaca, Pr. spinosa)* tous les passages depuis les conceptacles aux ascospores parfois petites et ovales à ceux ayant des spores plus longues et plus allantoïdes.

Tableau 14
Dimensions de *Leucostoma cincta*

Plante-hôte	Longueur		Largeur	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
a) Grandeurs de pycnospores (n = 50)				
Prunus Laurocerasus A . . .	6—9	7,2 ± 0,18	1,5—2,5	1,91 ± 0,23
Prunus Laurocerasus B . . .	4—10	7,2 ± 0,18	1,0—2,5	1,60 ± 0,37
Cornus sanguinea	5—8	6,7 ± 0,72	1,0—2,5	1,70 ± 0,25
Cydonia maliformis	5—8	6,6 ± 0,56	1,0—2,5	1,75 ± 0,23
b) Grandeurs des asques (n = 200)				
Prunus Laurocerasus A . . .	46—72	60,6 ± 6,10	8—13	10,3 ± 1,14
Cornus sanguinea	50 - 66	56,9 ± 3,80	7—13	9,6 ± 0,95
Cydonia maliformis	49—81	61,1 ± 6,19	8—14	10,4 ± 0,92
Valsa Rehmii leg. Petrak . . .	49—70	59,5 ± 0,66	7—14	9,4 ± 0,12
c) Grandeurs des ascospores (n = 100)				
Prunus Laurocerasus C . . .	9—20	14,8 ± 1,97	2—5	3,2 ± 0,51
Prunus Laurocerasus B . . .	12—23	18,0 ± 1,69	2—4	3,2 ± 0,28
Cornus sanguinea	11—23	16,7 ± 1,90	2—4	2,9 ± 0,38
Cydonia maliformis	12—23	17,0 ± 2,30	2—5	3,2 ± 0,55
Valsa Rehmii leg. Petrak . . .	9—18	14,5 ± 1,50	2—4	3,2 ± 0,28

L. cincta abonde dans les haies de lauriers-cerises, à Lausanne comme dans toute la Suisse. Elle y vit en hémiparasite constituant un exemple tangible et ... onéreux du parasitisme si souvent méconnu des Valsacées. En effet, les *Prunus Laurocerasus*, mal acclimatés chez nous, sont fréquemment plantés à l'ombre des murs, dans des lieux froids. Ils supportent mal les rigueurs de l'hiver ; le gel, un de leurs plus redoutables ennemis, en tue de nombreux rameaux. Mais, le mal serait bénin, étant donné la vigueur de ces arbustes, si *L. cincta* ne venait s'installer dans les branches affaiblies. Croissant peu à peu jusqu'au tronc, elle détruit des haies entières.

Il suffit d'une promenade en ville pour voir combien de haies dépérissent et tombent bientôt dans un si triste état qu'elles doivent être arrachées. Si on les examine, on remarque sur toutes les branches, jusque sur le pétiole des feuilles, une multitude de pycnides aux cirrhes roses et de stroma périthécigères grisâtres.

En 1934, nous avons exécuté à l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich des essais d'infection (l. c. p. 80) sur laurier-cerise. Les inoculations par brûlure de *L. cincta* ont réussi ; durant l'été 1935, trois rameaux sur cinq périrent. Celles de *L. Persoonii*, par contre, échouèrent. La preuve que la première espèce est plus agressive que la seconde, pour cette essence, se trouve donc expérimentalement établie.

Les mesures (tab. 14) indiquent des pycnospores très grandes et des asques conformes aux moyennes que nous avons déterminées précédem-

ment. Les ascospores, au contraire, sont très courtes dans l'échantillon C et très longues dans B.

Sur gélose à pommes de terre, les isolements monoascospores donnèrent un mycélium semblable à celui décrit en 1935; mais d'assez fortes différences se firent jour entre isolements provenant même d'un seul conceptacle.

Ce qui vient d'être exposé nous permet d'affirmer que *L. cincta* est un parasite de blessure, abondant sur *Prunus Laurocerasus* comme sur les autres Prunus; elle s'y subdivise en plusieurs races distinctes par leurs dimensions, leur aspect en culture pure et probablement leur virulence. Les Tulasne ne pouvaient pas, à leur époque, se représenter une telle fragmentation de l'espèce; mais actuellement il n'existe plus de motif pour maintenir *Valsa Lauro-Cerasi* sinon comme synonyme. D'autres erreurs proviennent aussi de la présence de *L. Persoonii* sur branches mortes de lauriers.

B. *Leucostoma cincta* sur *Cornus sanguinea* L.

En janvier 1939, apercevant une *Leucostoma* sur de jeunes *Cornus sanguinea* couverts de givre, nous avons cru, avec joie, découvrir une espèce nouvelle. Un examen à la loupe binoculaire nous a révélé une figure connue. Les pycnides paraissent brunes à travers le périderme; leurs cirrhes rosâtres, leur disque gris, tout leur aspect indique *L. cincta*. Les conceptacles parfaits ne diffèrent pas non plus valablement de ceux dont nous avons expliqué en détail la structure (1935). Ils paraissent peut-être un peu moins proéminents et leurs ostioles ne dépassent pas le disque. Les dimensions des asques (tab. 14) sont un peu faibles; celles des ascospores et des pycnospores sont par contre tout à fait identiques aux moyennes de cette espèce.

La mise en culture nous enleva nos derniers doutes; il s'agissait bien de *Leucostoma cincta*. Elle semble, toutefois, plutôt rare sur cet hôte.

Des inoculations de souches isolées de *Cornus sanguinea*, de *Cydonia maliformis* et de *Pr. Laurocerasus* ont réussi sur *Cornus sanguinea*, ce qui prouve l'agressivité de *L. cincta* pour cet arbuste.

C. *Leucostoma cincta* sur *Cydonia maliformis* Miller em. Beck

Une seconde déception nous était réservée. Pendant trois ans, nous avions maintenu en observation, à Choëx sur Monthey, des branches mortes de cognassier recouvertes d'un *Cytospora* semblable à *Cytospora Cydoniae*. Le stade parfait n'étant pas connu, nous espérions qu'il se produirait peut-être, vu la richesse de ces branches en pycnides. Pendant que nous examinions ces dernières, nous remarquâmes des conceptacles de *Leucostoma* contenant des périthèces mûrs. Il ne s'agissait là encore nulle-

ment d'une espèce nouvelle, mais bien de *Leucostoma cincta*, n'ayant en outre aucun rapport avec les pycnides en question dont le stade parfait reste à trouver.

Nous n'avons pas découvert d'autres échantillons de *L. cincta* sur *Cydonia*. Il paraît probable que ces branches ont été contaminées par des spores provenant de pêchers malades très proches.

Les isolements d'ascospores ont prouvé derechef que cette espèce se subdivise en plusieurs races biologiques.

D. *Valsa macrostoma* Rehm nec Fuck. = *Valsa Rehmii* Winter

Von Höhnel (1928, p. 60—62) pense que ces deux dénominations sont synonymes de *Leucostoma cincta*. Il a probablement raison, bien que Winter ait indiqué pour les asques et les ascospores des dimensions très petites.

Il nous fut impossible jusqu'ici de retrouver un exemplaire original de Rehm. L'Herbier helvétique contient en revanche un échantillon baptisé *V. Rehmii* par Petrak et cueilli sur *Prunus spinosa* à Sternberg (Mähren), en janvier 1925. Les asques (tab. 14) mesurent non pas 45—50 × 7—8 µ comme le dit le Rabenhorst, II p. 731, mais 49—73 × 7—14 (59.5 ± 0.66 × 9.40 ± 0.12 µ). Les ascospores, dont certaines atteignent 18 µ, ont en moyenne 14.5 ± 1.30 × 3.2 ± 0.28 µ, dimensions bien supérieures aux indications de Winter (6—8 × 2 µ). Vu la grandeur des asques et ascospores, la structure et l'aspect des conceptacles, ainsi que la présence d'une ligne noire basale, cet échantillon doit être étiqueté *Leucostoma cincta*, non *V. Rehmii*.

E. Quelques précisions sur le stade imparfait *Leucostoma cincta* (Sacc.) v. Höhnel

La grande variabilité de *L. cincta* et la présence sur *Prunus* de trois autres Valsées non moins variables (*V. ambiens*, *V. leucostoma* et *L. Persoonii*) ont provoqué une grande confusion dans la connaissance des *Cytospora* sur Prunoidées.

Fries, ou ses successeurs immédiats, ont appliqué le nom de *Cytospora rubescens* aux formes imparfaites de *Leucostoma cincta*, de *L. Persoonii* et de *Eutypella Sorbi*. Il devint donc nécessaire de préciser le stade asexué de l'espèce qui nous occupe. Saccardo (Syll. III, p. 254) le fit et son appellation (*Cytospora cincta*) reste la seule valable. Elle doit être toutefois, corrigée dans le sens de v. Höhnel et s'intituler correctement *Leucocytospora cincta* (Sacc.) v. Höhn.

Cytospora leucostoma Sacc. s'en distingue aisément par l'absence de zone basale et les vrilles couleur de cire. Ses parois étant moins déliquescentes, ses loges restent séparées (forme *Torsellia*).

Leucocytospora Persoonii ressemble le plus à *L. cincta.* Pourtant, sur les jeunes rameaux à périderme transparent, ses pycnides paraissent noirâtres, tandis que celles de *L. cincta* sont brunes. Les cirrhes de la première ont une couleur rouge foncé, ceux de la seconde, rose pâle. Les disques de *L. Persoonii* sont en général plus blancs, les conceptacles plus petits et les moyennes des pycnospores varient entre 5 et 5,5 ⁄ 1 — 1,2 μ, tandis que celles des pycnospores de *L. cincta* dépassent 6 μ de long et 1,3 de large.

Cytospora ceratophora Sacc., décrit plus avant, se reconnaît à sa structure *(Torsellia)*, à ses cirrhes jaunâtres, à ses dimensions (4 — 5 ⁄ 1—1,2 μ) et à son ostiole plus marquée.

La plupart des "nouveaux" *Cytospora* découverts sur *Prunus* se rattachent à l'un ou l'autre des quatre précédents, ce que v. Höhnel (1928 p. 60—65) avait déjà expliqué en partie. Depuis lors, une nouvelle espèce a été créée par Gutner, 1934: *Cytospora Sydowii.* La diagnose, les dimensions, le dessin, tout concorde avec *Leucocytospora cincta.* Cette "nouvelle" espèce est donc aussi à supprimer.

A l'instar de *Valsa ambiens*, *Leucostoma cincta* est, dans son groupe, la plus variable et la plus polyvore. Nous avons démontré (1935) qu'elle varie non seulement dans ses dimensions, mais qu'elle se subdivise en plusieurs races biologiques caractérisées par leur virulence propre et leur comportement en culture pure.

Pourtant, la variabilité des dimensions ne dépasse pas certaines limites; la distinction d'avec *L. Persoonii* reste toujours nette. La zone basale peut devenir si mince qu'on ne l'aperçoit plus à l'oeil nu, mais des coupes montreront, contrairement aux suppositions de von Höhnel (l. c.), que cette couche existe toujours. Enfin, depuis 9 ans, nous lui avons toujours trouvé des asques octospores. Otth (Nitschke p. 229), en disant qu'elle possède parfois des asques tétraspores, doit l'avoir confondue avec *V. ambiens.*

En culture, elle ne prospère pas sur milieux synthétiques exempts d'hormones. La vitamine B_1 augmente sa croissance sans toutefois lui suffire entièrement.

Chap. VI

Nouvelles observations sur *Leucostoma Persoonii* (Nit.) v. Höhnel

En compulsant les œuvres posthumes de von Höhnel (1928), nous nous sommes aperçu que cet auteur usait déjà couramment du terme *Leucostoma Persoonii*, bien avant que Togashi ait publié ses travaux. On doit donc écrire correctement *Leucostoma Persoonii* (Nit.) v. Höhnel et non pas Togashi.

A. *Leucostoma Persoonii* sur quelques hôtes peu étudiés ou nouveaux

Depuis 1934, nous avons cueilli cette espèce sur *Sorbus Aria*, *Sorbus aucuparia*, *Cornus sanguinea* et *Prunus lusitanica*.

Les asques sur *Sorbus aucuparia* mesurent de 40 à 56 μ de long et 6 à 9 μ de large, en moyenne $47{,}2 \pm 3{,}58 \times 7{,}8 \pm 0{,}64$. Les autres dimenmensions sont résumées dans le tab. 15.

Tableau 15

Dimensions de *Leucostoma Persoonii* sur quelques hôtes peu connus

Hôte et genre de spores	Longueurs		Largeurs	
	Extrêmes	Moyenne	Extrêmes	Moyenne
Ascospores sur:				
Sorbus Aria	10—14	11,4 ± 0,65	1,5—3	1,9 ± 0,16
Sorbus aucuparia	9—14	10,9 ± 1,0	1,5—4	2,5 ± 0,44
Pycnospores sur:				
Sorbus Aria	4—8	5,5 ± 0,44	0,8—2	1,3 ± 0,20
Prunus lusitanica	4—8	5,7 ± 0,69	0,8—2	1,2 ± 0,13
Cornus sanguinea	3—8	5,5 ± 0,80	0,8—2	1,4 ± 0,26

Les nouveaux hôtes cités ne semblent pas exercer d'influence bien marquée sur les dimensions de *Leucostoma Persoonii*, puisque celles du tab. 14 concordent fort bien avec les longueurs ou largeurs des échantillons sur Prunus (cf. op. cit. p. 38—43).

Les cultures sur gélose à pommes de terre donnent également un mycélium brun-noirâtre, assez typique pour cette espèce.

B. Influence de la température sur la croissance de *Leucostoma Persoonii* et sur le choix des races

Dans notre précédente étude, nous avons prouvé que *L. Persoonii*, en tant qu'espèce, comprend plusieures races reconnaissables soit à leur virulence, soit à leur biologie *in vitro*, notamment à leurs exigences thermiques. Une race du Japon, par exemple, a montré des besoins caloriques élevés, puisque son optimum est proche de 30° C, tandis que ceux des races du Valais s'échelonnent de 21 à 27° C. On peut donc se demander si les conditions climatiques n'exercent pas une sélection des races, en ne laissant subsister que les plus adaptées. Or, pendant la mobilisation de 1939, nous avons trouvé *L. Persoonii* sur *Sorbus Aucuparia* à une altitude de 1500 m, dans un endroit froid, couvert de neige pendant sept mois de l'année. Il paraît donc captivant de comparer cette souche à celles du Japon ou du Valais central au point de vue exigences thermiques.

Contrairement à notre attente, les résultats du tab. 16 prouvent que l'isolement de *L. Persoonii* originaire de la montagne a des besoins thermiques presque aussi élevés que ceux de la race japonaise ou des races

Tableau 16
Croissance de *Leucostoma Personii* souche de *Sorbus Aucuparia*, à des températures graduées
(gélose à pdt., durée 92 heures)

Case n°	Température °C	Diamètre mm	Case n°	Température °C	Diamètre mm
1	0,66	—	7	17,7	48,6 ± 6,4
2	4,4	—	8	20,0	55,2 ± 3,7
3	7,5	—	9	22,6	63,7 ± 14,3
4	10,7	Traces	10	25,8	64,8 ± 3,5
5	13,0	13,4 ± 3,8	11	29,4	48,6 ± 4,8
6	15,3	32,6 ± 7,0	12	33,7	14,8 ± 7,9

du Valais central. Il semble donc que le climat, du moins dans les contrées tempérées, n'exerce pas sur les formes biologiques de cette espèce une sélection très sévère.

La vitesse de croissance se révèle assez rapide, 0,7 mm par heure à la température optimale.

C. Besoins en aneurine de *Leucostoma Persoonii*

Sur gélose synthétique sans vitamine, le mycélium ne se développe que fort lentement. Les hyphes forment de petits prolongements très noueux; ils vont de ci de là à l'intérieur de la gélose, semblant chercher de quoi vivre.

En solution privée de B_1, aucun mycélium ne se forma durant 30 jours. En revanche, le poids moyen des mycélium récoltés dans les flacons contenant 10 γ de B_1 par 25 cc, fut de 21,6 ± 5,05 mg. Cette espèce, du moins l'isolement étudié, a besoin nécessairement d'aneurine pour croître.

Chap. VII
Discussion des recherches exposées et de la systématique des Valsées

Au cours des chapitres précédents, nous nous sommes efforcé d'introduire dans la conception purement morphologique des systématiciens, la notion plus actuelle de la variabilité des espèces. Nous avons montré, au moins partiellement, de quelle manière les caractères des *Valsa* fluctuent selon l'hôte ou les conditions extérieures. La plupart des entités systématiques sont composées de races biologiques, distinctes tantôt par de minuscules détails de leur structure, tantôt par leurs propriétés physiologiques ou par leur virulence. Sans doute, la maîtrise dont firent preuve les Tulasne, Nitschke, Winter, dans l'art d'observer ou de dessiner, mérite toute notre admiration. Mais, ils n'avaient pas les moyens de saisir vraiment l'essence de certaines espèces masquées par des modifications externes qui seules tombaient sous leurs sens. Rien d'étonnant

donc que leur méthode descriptive, surtout lorsqu'elle a été appliquée par des auteurs moins perspicaces et plus pressés, n'ait conduit à la confusion actuelle.

Pour en sortir, une étude comparative de la structure des conceptacles ainsi que l'analyse de mesures plus exactes et surtout plus nombreuses deviennent indispensables. Il faut aussi abandonner l'idée préconçue qu'une *Valsa* découverte sur un hôte nouveau est nécessairement une espèce nouvelle. Des hémiparasites, telle que *Valsa ceratophora* ou *Valsa ambiens*, peuvent croître sur la plupart des végétaux. Enfin, nous avons introduit, comme critère non encore utilisé dans ce groupe, la mise en culture sur milieu artificiel. Ce moyen, qui malheureusement ne peut être appliqué aux échantillons d'herbiers, présente toutefois l'énorme avantage de permettre une comparaison indépendante de l'hôte et du milieu ambiant.

Les recherches exposées ont débuté en 1932 et ont nécessité l'étude de la plupart des *Valsa* et des *Leucostoma*. Aucun échantillon examiné, ni aucun périthèce produit en culture, ne contenait d'asques polyspores. Par contre, tous avaient des pseudoparaphyses. Or, Petrak (1923, p. 68) écrit que les pseudoparaphyses manquent complètement aux *Valsa*! Cette affirmation est donc contraire aux faits.

De plus, nous mettons d'ores et déjà fortement en doute l'opinion du même auteur (p. 227—229) selon laquelle le genre *Valsella* devrait être complètement abandonné, ses espèces n'étant que des formes de *Leucostoma* à asques polyspores. Petrak en vint à cette idée parce qu'il trouva, dans un tas de bois mort, des rameaux de saule portant à la fois des conceptacles de *Leucostoma* et de *Valsella*. Chaque mycologue sait qu'une branche morte constitue un véritable champ où peuvent croître côte à côte, voire l'un dans l'autre, les microorganismes les plus divers. Nul n'a pourtant le droit d'en conclure que tous appartiennent à la même espèce!

La diagnose des Valsées est principalement établie d'après le stade à périthèces. Leur stade imparfait reste ordinairement moins connu, ce qui fait deviner quelle confusion règne même dans les monographies modernes des *Cytospora!* Ne voit — on pas Gutner (1934), par exemple, omettre un *Cytospora* aussi répandu que *Cytospora ceratophora* Sacc. et créer pourtant 50 *Cytospora* nouveaux!

Dans la connaissance des stades imparfaits, la mise en culture apportera certainement beaucoup de lumière. La formation des pycnides, notamment, peut être suivie dès le début. Nous avons constaté, par exemple, que chez *Cytospora ceratophora* les loges apparaissent d'abord à la périphérie des pycnides, sous les premières couches d'hyphes. D'autres observations, bien que très intéressantes, ne peuvent être décrites ici. Il nous paraît pourtant utile de réfuter dès maintenant une affirmation de Grove (1935,

p. 255). Cet auteur écrit que, par une illusion d'optique, nous voyons certaines pycnospores légèrement courbées alors qu'en réalité elles sont droites. Si on fixe ces spores et qu'on en fasse un frottis à l'encre de Chine, on constate qu'elles sont réellement arquées à une extrémité.

Nous avons indiqué plusieurs fois que les pycnides en culture pure sécrètent un peu d'"eau" à leur sommet. Ceci paraît spécialement digne d'intérêt, car ce phénomène ayant lieu dans la nature aussi, la rupture du périderme doit être facilitée par l'action du liquide. Les cellules subérifiées sont ainsi ramollies et il paraît même plausible que cette "eau" contienne des principes dissolvants.

Bien que la présente publication ne s'étende qu'à un nombre restreint d'espèces, elle rend déjà perceptibles quelques traits principaux de la structure des Valsées. Le genre *Valsa* même dans sa conception actuelle, renferme encore plusieurs groupes d'espèces. Un premier noyau, très particulier, est constitué par *Valsa Cypri*, *Valsa pruinosa* et probablement *Valsa conoidea* Rehm, *Valsa obtecta* C. et E., *Valsa olivacea* Fuck. etc. Ces espèces sont caractérisées par une structure simple. L'ecto- et l'entostroma sont très réduits et les pycnides ne possèdent qu'une loge ayant seulement des rudiments de cloisons. Le second groupe, du type de *Valsa ambiens*, de distingue par un ectostroma bien développé, tandis que l'entostroma est à peine visible; les périthèces circinants paraissent se former directement au sein de l'écorce interne. Enfin, vient un troisième groupe du type de *Valsa ceratophora*, dont les conceptacles ont une structure plus complète, car leur entostroma est plus développé.

Dans les deux derniers groupes, le stade imparfait est ordinairement composé de plusieurs loges bien individualisées, à parois distinctes, réunies vers le haut par un canal unique (type *Torsellia* Fr.) ou même dotées chacune d'une ostiole émergente (type *Lamiella)*. Mais, depuis les *Cytophoma* de v. Höhnel au type *Lamiella*, on trouve tous les passages. Von Höhnel (1928 p. 67—70) dit lui-même que *Cytospora punica* Sacc. a toutes les formes transitoires depuis la pycnide uniloculaire à celle composée de loges distinctes, analogues à des périthèces. Nous estimons donc injustifié et à rejeter comme source de confusion, l'émiettement du genre *Cytospora* que préconisa von Höhnel en créant les genres nouveaux de *Cytophoma*, *Cytonaema* et *Cyclocytospora* et en leur ajoutant les genres anciens décrits autrefois par Fries *(Torsellia, Lamyella)*. Puisqu'on trouve tous les passages entre eux, même chez une seule espèce, il est illogique d'en prendre quelques formes et de les baptiser, même d'un beau nom! Ce sont des formes de *Cytospora*, rien d'autre. D'ailleurs, à la fin de sa vie, v. Höhnel (1928) paraît être revenu à cette conception.

Lorsqu'on considère l'ensemble des trois groupes que nous avons énumérés chez les *Valsa* et leurs stades imparfaits, on voit que ce genre n'est pas si compact que l'indiquait Wehmeyer (1926, p. 628). On y

devine une évolution reliant tous ces types différents; évolution se faisant dans le sens d'un développement de plus en plus marqué de l'ectostroma et de l'entostroma, dans le sens de la transformation des pycnides uniloculaires en pycnides à loges séparées avec ostiole commune, puis ostioles propres.

Sans doute, on pourrait concevoir que l'évolution s'est opérée en sens contraire, depuis les conceptacles les plus compliqués aux plus simples, mais cette hypothèse semble moins plausible.

Les sections des *Euvalsa (monostichae* et *distichae)* ont plus de valeur que ne paraît leur accorder Nitschke lui-même (l. c. p. 192). Il faut chercher leur justification moins dans la position des périthèces que dans la structure des conceptacles. A ce point de vue, toutes les Valsées demandent une sérieuse révision. En revanche, le fractionnement des *monostichae* en deux groupes, d'après la longueur des ostioles, doit être abandonné comme source d'erreur, puisque ce caractère dépend très souvent de l'humidité ambiante.

L'évolution décrite chez les *Valsa* ne nous conduit pas aux *Leucostoma.* Une scission nette sépare les deux genres, constituée surtout par la présence chez le second d'une zone basale, d'un meilleur développement des conceptacles et d'une structure des pycnides (cf. *Leucocytospora Curreyi)* différente de celle des *Cytospora.* A vrai dire, chez quelques espèces pléomorphes *(L. cincta)*, la zone basale peut n'être presque pas visible, notamment sur des rameaux très minces. Elle existe cependant, tantôt presque rudimentaire, tantôt très épaisse. Sa recherche présente l'avantage incontestable d'obliger à pratiquer des coupes au travers des fructifications!

Enfin, il est intéressant de relever que les espèces de *Valsa* et de *Leucostoma*, celles analysées du moins, montrent un besoin plus ou moins grand en aneurine dans la mesure où elles sont parasites.

Le genre *Valsella* n'a pas pu être étudié ici. Les espèces que nous avons eu l'occasion de cueillir, se distinguent presque d'emblée des *Valsa* ou des *Leucostoma* par la petitesse de leur conceptacle et de leur disque. Sur leur structure, peu de choses sont connues. Il en est de même de la plupart des Pyrenomycètes. Les matériaux amoncelés depuis un siècle réclament instamment une mise en ordre.

Bibliographie

Cuénot, L., 1936. L'espèce. G. Doin, Paris.

Fries, E., 1823. Systema mycologicum II, Lund.

Fries, N., 1938. Über die Bedeutung von Wuchsstoffen für das Wachstum verschiedener Pilze. (Thesis Uppsala, 188 p.)

Flor, H. H., 1932. The production of bunt chlamydospores ... (Phytopath., **22**, 661—664).

Grove, W. B., 1935. The British Coleomycetes I, Cambridge, University Press.

Gutner, L. S., 1934. Materialien zu einer Monographie der Gattung Cytospora. (Acta Int. Bot. Akad. Sci. URSS. II, 2, 441—484.)

Défago, G., 1935. De quelques Valsées von Höhnel, parasites des arbres à noyaux dépérissants (Thèse EPF, Zurich, 109 p.)

Höhnel, v. F., 1914. Fragmente zur Mykologie, XVI, nº 863. (Sitzungsberichte der Kaiserl. Akademie, Wien, **123**, p. 84—86.)

Höhnel, v. F., 1918. Mykologische Fragmente. (Ann. Myc., **16**, p. 35—175.)

Höhnel, v. F., 1928. Oeuvres posthumes éditées par Weese. (Mitteilungen des Botanischen Instituts der Technischen Hochschule, Wien, 5, p. 16—88.)

Maire, R., 1937. Fungi Catalaunici, Series altera. (Publ. Inst. bot. Barcelona, III, 4. 128 p.; R. A. M., 1937, p. 562.)

Miller, J. H., 1928. Biologic studies in the Sphaeriales I. (Myc., **20**, 187—212).

Nitschke, T., 1867. Pyrenomycetes germanici. Breslau, 122—240.

Oberthür, R. et Dauthenay, H., 1905. Répertoire de couleurs. Librairie horticole, Paris.

Oudemans, C. A., 1919—1924. Enumeratio systematica fungorum, **13**, Hagae comitum.

Petrak, F., 1923. Mykologische Notizen V et VI. (Ann. Myc., **21**, p. 3—69 et p. 227—230).

Ruhland, W., 1900. Untersuchungen zu einer Morphologie der stromabildenden Sphaeriales . . . (Hedw., **39**, 1—79.)

Saccardo, P. A., 1882—1913. Sylloge fungorum, 1—22.

Schopfer, W. H. und Blumer, S., 1938. Untersuchungen über die Biologie von *Ustilago violacea* (Pers.) Fuck. II. (Archiv für Mikrobiologie, **9**, p. 305—367.)

Schreiner, E. J., 1931. Two species of Valsa causing disease in Populus. (Amer. Journ. Bot., **17**, 1—30.)

Tulasne, L. R. et Tulasne, C., 1863. Selecta fungorum carpologia II. Paris.

Togashi, K., 1931. Studies on the pathology of peach canker. (Bull. Imp. Coll. Agr. and For., Morioka, **16**, 1—178.)

Traverso, J. B., 1906. Flora italica cryptogama. Pyrenomycetes, 2, fasc. 1, 80—109.

Wehmeyer, L. E., 1926. A biologic and phylogenetic study of the stromatic Sphaeriales. (Amer. Journ. Bot., **13**, 575—645.)

Winter, G., 1887. Die Pilze Deutschlands, Osterreichs und der Schweiz. Rab. Krypt. Flora, II, 671—750.

Aus der phytopathologischen Abteilung
des Landwirtschaftlichen Forschungs-Instituts Rumänien

Das Vorkommen und die Verbreitung der in Rumänien den Weizenstinkbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten

Von

Traian Săvulescu

Mitarbeiter: **A. Hulea** und **A. Stănescu**

Mit 7 Abbildungen

Es ist allgemein bekannt, daß der Weizenstinkbrand von den beiden *Tilletia*-Arten *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. (= *T. laevis* Kühn.) hervorgebracht wird. Ferner ist auch bekannt, daß diese beiden Arten nicht gleichmäßig über die Erdoberfläche verbreitet sind.

Auf Grund von 539 untersuchten stinkbrandigen Weizenähren aus 19 Staaten Nordamerikas und einer kanadischen Provinz haben Tisdale, Leighty und Boerner (27) festgestellt, daß nur in 4 Staaten (Minnesota, Norddakota, Süddakota und Montana) *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter verbreitet ist. In Süddakota ist die Art sogar vorherrschend. In den anderen Staaten wurden immer außer der vorherrschenden *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. auch *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter gefunden und in Ontario nur *Tilletia foetens* (Bjerk.) Trel.

Flor (5), zahlreiche stinkbrandige Weizenproben aus der nordwestlichen Region Nordamerikas (Washington, Oregon, Idaho) untersuchend, fand als verbreitetste Art *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter.

In den nördlichen Teilen Europas herrscht *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter vor und in den südlichen *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. Nach Zillig (28) ist *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter in der Tschecho-Slowakei, in Österreich und in Deutschland sehr verbreitet. *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. ist mit Gewißheit nur auf Grund von Herbariums-Material aus einigen Ortschaften Schlesiens, Sachsens, Bayerns, Ostpreußens und aus Schleswig-Holstein bekannt. Praktisch spielt letztere Art in Deutschland keine Rolle.

Nach Nagorny (13) ist im Kaukasus *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. die verbreitetste Art, dagegen *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter sehr selten. Wie Gaßner (7) vor kurzem erwähnt, ist in der Türkei ebenfalls

Tilletia foetens (Berk. et Curt.) Trel. am verbreitetsten (88%), von 29 Vilaeten in 19 ausschließlich vorkommend und in anderen 5 vorherrschend; stärker verbreitet ist *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter nur in 2 Vilaeten, in anderen 2 nur einzeln. In Bulgarien kommt *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter nach Malcoff (11) selten vor, die verbreitetste Art ist *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. Atanasoff (1) verfolgt weiter die Untersuchungen über die Verbreitung dieser beiden Arten in Bulgarien, bestätigt die Malcoff'schen Angaben und fügt hinzu, daß *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter nicht endemisch vorkommt, sondern nur zufällig, mit aus nördlichen und westlichen Ländern stammenden Weizen eingeführt.

Genauere Kenntnisse über die Verbreitung der in Rumänien den Weizen befallenden *Tilletia*-Arten veröffentlicht Săvulescu (19); er zeigt 1923 als erster an, daß der Weizenstinkbrand in Rumänien von beiden Arten hervorgebracht werden kann, und daß *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. die verbreitetste und gefährlichste Art darstellt. Seine Untersuchungen und später diejenigen seiner Mitarbeiter haben genau das Verbreitungsgebiet der beiden Arten festgestellt (20, 21, 22).

Auf Grund eines reichhaltigen aus dem ganzen Lande stammenden Materiales (2800 Ähren und 205 Proben aus 148 Ortschaften und 36 Distrikten) hat Sandu-Ville (17, 18) das Studium des Weizenstinkbrandes und die denselben hervorbringenden Faktoren weiter verfolgt und das Verbreitungsgebiet der beiden *Tilletia*-Arten in Rumänien noch genauer festgestellt. Aus den Werttabellen und der jener Abhandlung beigefügten Landkarte ist ersichtlich, daß *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter in der Oltenia, in Siebenbürgen, in der Bukovina und einigen Distrikten Munteniens verbreiteter ist, dagegen *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. in den meisten Distrikten Munteniens, Bessarabiens (namentlich der südliche Teil) und in der Dobrogea vorherrscht.

In den aus der Oltenia stammenden 17 untersuchten Proben stinkbrandigen Weizens wurden bei 10 ausschließlich *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter, bei 2 beide Arten, jedoch *Tilletia foetens* (Bjerk. et Curt.) Trel. vorherrschend, und bei den 5 anderen Proben ausschließlich *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. festgestellt.

In den aus der Muntenia stammenden 55 Proben wurde bei 26 ausschließlich *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., bei 16 *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und bei 13 beide Arten festgestellt.

In den aus Siebenbürgen (Transsilvania) stammenden 28 Proben wurde bei 6 ausschließlich *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter, bei 5 ausschließlich *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. und bei den übrigen Proben beide Arten gefunden.

In den aus Bessarabien stammenden Proben wurden bei den meisten (50) beide *Tilletia*-Arten gefunden, bei 34 ausschließlich *Tilletia foetens*

(Berk. et Curt.) Trel. und nur bei 3 Proben *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter allein festgestellt.

Daß die aus der Moldau stammenden Proben ausschließlich nur *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. enthielten, berechtigt uns nicht, die Ansicht äußern zu können, daß in der Moldau die zweite Art nicht vorkommt, da aus dieser Provinz nur wenige Proben untersucht wurden. In den Proben aus der Bukowina fanden wir beide Arten und in denjenigen aus der Dobrogea ausschließlich *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

Im allgemeinen kann gesagt werden, daß im Süden und Osten Rumäniens mit einem Steppenklima (Donauklima) *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. am verbreitetsten und häufigsten ist, dagegen herrscht im Norden und Westen, sowie im Hügelgelände mit einem weniger ausgeprägten Kontinentalklima mit kleinen Temperaturschwankungen und nicht reichlichen Niederschlägen *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter vor. Die prozentualen Frequenzverhältnisse der beiden Arten ergeben, daß in den Gegenden, wo beide *Tilletia*-Arten zusammen auftreten, doch *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. am häufigsten ist. Das Vorkommen der Art *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter in der Donauebene (z. B. in der Umgebung von Bukarest) wird durch die Einfuhr ausländischer selektionierter Sorten aus nördlichen und westlichen Teilen Europas erklärt.

In seiner im Jahre 1936 veröffentlichten systematischen Arbeit über die Ustilagineen Rumäniens ergänzt Săvulescu (23) die Verbreitungskarte dieser beiden *Tilletia*-Arten mit neuen Fundorten.

Im Jahre 1936 entdeckt Mitra (12) im nordwestlichen Teile Indiens eine neue auf Weizen schmarotzende und als *Tilletia indica* Mitra benannte *Tilletia*-Art, welche sich von den anderen zwei bekannten hauptsächlich durch größere Sporen unterscheidet (22—55 × 22—42 μ, im Durchschnitt 37,9 × 32,5 μ; oder 27—46 × 27—44 μ, im Durchschnitt 36,2—34,7 μ). Die Durchschnittsgrößen der Sporen von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. betragen nur 20 μ. *Tilletia indica* Mitra ist bis jetzt nur aus Indien bekannt. Anläßlich seiner Untersuchungen über das Vorkommen und die Verbreitung der beiden bekannten *Tilletia*-Arten in der Türkei fand Gaßner (7) vereinzelt einen neuen, durch besondere Sporen ausgezeichneten Typus und benannte ihn *Tilletia Tritici*, „*forma intermedia*", weil die Sporen Eigenschaften von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. besitzen. Dieser neue, von Gaßner aufgestellte Typus hat, wie dieses aus den Abbildungen ersichtlich, sowohl eine kugelförmige als auch elliptische oder oval-elliptische Sporenform. Durch diese Eigenschaften nähert sich der neue Typus mehr der Art *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., ist aber von dieser durch viel dünnere netzförmige Verdickungen als bei *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter unterschieden.

Tatsächlich betragen bei letzter Art die Maschen der netzförmigen Verdickung 2—7 μ, bei „*forma intermedia*" aber 2,5—4 μ oder 3—5 μ. Im Verhältnis zur Maschengröße ändert sich auch die Zahl der auf der Oberfläche der Sporen befindlichen Maschen; so sind bei *Tilletia Tritici* (Berk.) Winter 30—80 Maschen, dagegen bei der „*forma intermedia*" bis zu 250—400. Manchmal ist diese netzförmige Verdickung sehr fein, so daß die Sporenmembran gekörnt erscheint. Im optischen Querschnitt ähnelt die Membran der „*forma intermedia*" derjenigen der Art *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., und erst bei starker Vergrößerung sind die feinen netzförmigen Verdickungen sichtbar. Im Vergleich mit den sehr deutlich sichtbaren Membranverdickungen auf der Sporenoberfläche bei *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter erscheinen diejenigen der „*forma intermedia*" als innere Verdickungen der Membran. Die netzförmigen Verdickungen erlangen bei *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter 1,8 bis 2,5 μ, dagegen sind dieselben bei der „*forma intermedia*" kleiner als 0,5 μ. Die von Gaßner gefundene „*forma intermedia*" ist in der Türkei sehr selten und kommt aber immer in den gleichen Ortschaften mit *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., manchmal sogar auch in denselben Ähren zusammen vor.

Das seltene Vorkommen der „*forma intermedia*" und immer mit *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. zusammen, sowie berücksichtigend, daß die Eigenschaften der Sporenmembran den beiden anderen Arten sehr ähnlich sind, und es experimentell bewiesen, daß in der Descendenz die „*forma intermedia*" in den ursprünglichen beiden Arten *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. aufspaltet, kommt Gaßner zu der Folgerung, daß die von ihm benannte *Tilletia Tritici* „*forma intermedia*" nur als ein Hybrid der beiden Arten anzusehen ist, mit welchen er zusammen lebt.

Dieses sind die jetzigen Kenntnisse über die den Stinkbrand des Weizens hervorbringenden *Tilletia*-Arten und die geographische Verbreitung derselben. Hinsichtlich ihrer Spezialisierung sind eingehende und zahlreiche Untersuchungen an *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk et Curt.) Trel. unternommen worden (8), so auch in Rumänien (24), wo das Problem der Weizenstinkbrandarten von besonderem Interesse ist. Noch bevor Gaßner 1938 die Ergebnisse seiner Untersuchungen veröffentlichte, war es auffallend, anläßlich der Analyse des jährlich unserer Abteilung zugesandten stinkbrandigen Ährenmateriales auch noch zwei Sporenformen außer den charakteristischen für *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. vorzufinden. Als Gaßner 1938 das Vorkommen in der Türkei der von ihm als „*forma intermedia*" benannten Sporenform bekanntgab, erkannten wir die Identität mit der von uns in Rumänien gefundenen, welche wir wegen

der Ähnlichkeit der Sporenform mit derjenigen von *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. sowie der feinen Ornamente wegen, die auf der Sporenmembran, so wie Gaßner sie beschrieben und gezeichnet, sichtbar waren, vorläufig mit dem Namen „*sublaevis*" bezeichneten. Außerdem fanden wir aber ständig und viel häufiger einen anderen, von den beiden klassischen *Tilletia*-Arten und von der „*forma intermedia*" sich unterscheidenden Sporentypus. Nach Form und Art der Membranverdickungen steht dieser neue Typus mehr *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter näher, weswegen wir ihn „*Typus triticoides*" benannten. Seit 1939 verarbeite ich zusammen mit meinen zwei geschätzten Mitarbeiterinnen Frau A. Hulea und Frl. A. Stănescu das sehr reichliche Material, um das Vorkommen und die Verbreitung der den Stinkbrand des Weizens hervorbringenden *Tilletia*-Arten und der „*forma intermedia*" und „*Typus triticoides*" zu erforschen.

Die verfolgten Probleme und das Ergebnis unserer Forschungen, welche den Inhalt dieser Veröffentlichung bilden, sind folgende:

I. Das Vorkommen und die geographische Verbreitung in Rumänien der zwei den Stinkbrand des Weizens hervorbringenden *Tilletia*-Arten und der Typen, welche Gaßner als „*forma intermedia*" und wir als „*Typus triticoides*" bezeichneten.

II. Die morphologische Untersuchung der Sporen von „*forma intermedia*" und „*Typus triticoides*" im Vergleich mit denjenigen der beiden Arten *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

III. Die Virulenz der Sporen von *Tilletia triticoides* Săvul. im Vergleich mit denjenigen von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. Die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen reinen Weizenlinien gegenüber *Tilletia triticoides* Săvul.

IV. Die genetische Natur und den systematischen Wert des „*Typus triticoides*" Săvul.

I. Das Vorkommen und die geographische Verbreitung in Rumänien der zwei den Stinkbrand des Weizens hervorbringenden *Tilletia*-Arten und der Typen, welche Gaßner als „*forma intermedia*" und wir als „*Typus triticoides*" bezeichneten

Das von uns zu unseren Untersuchungen verarbeitete Material gehört der Ernte 1939 an, teils von uns und meinen Mitarbeiterinnen gesammelt, teils von den Landwirtschaftskammern verschiedener Distrikte eingesandt. Im ganzen wurden 3814 Ähren aus 249 Ortschaften von 54 Distrikten stammend untersucht.

Das Ergebnis unserer Untersuchungen nach Ortschaften und Distrikten zur Feststellung des Vorkommens, der Häufigkeit sowie des Verbreitungsgebietes der *Tilletia*-Arten und des „*Typus triticoides*“ und der „*forma intermedia*“ ist aus folgender Tabelle (S. 154—161) ersichtlich. Auf Grund

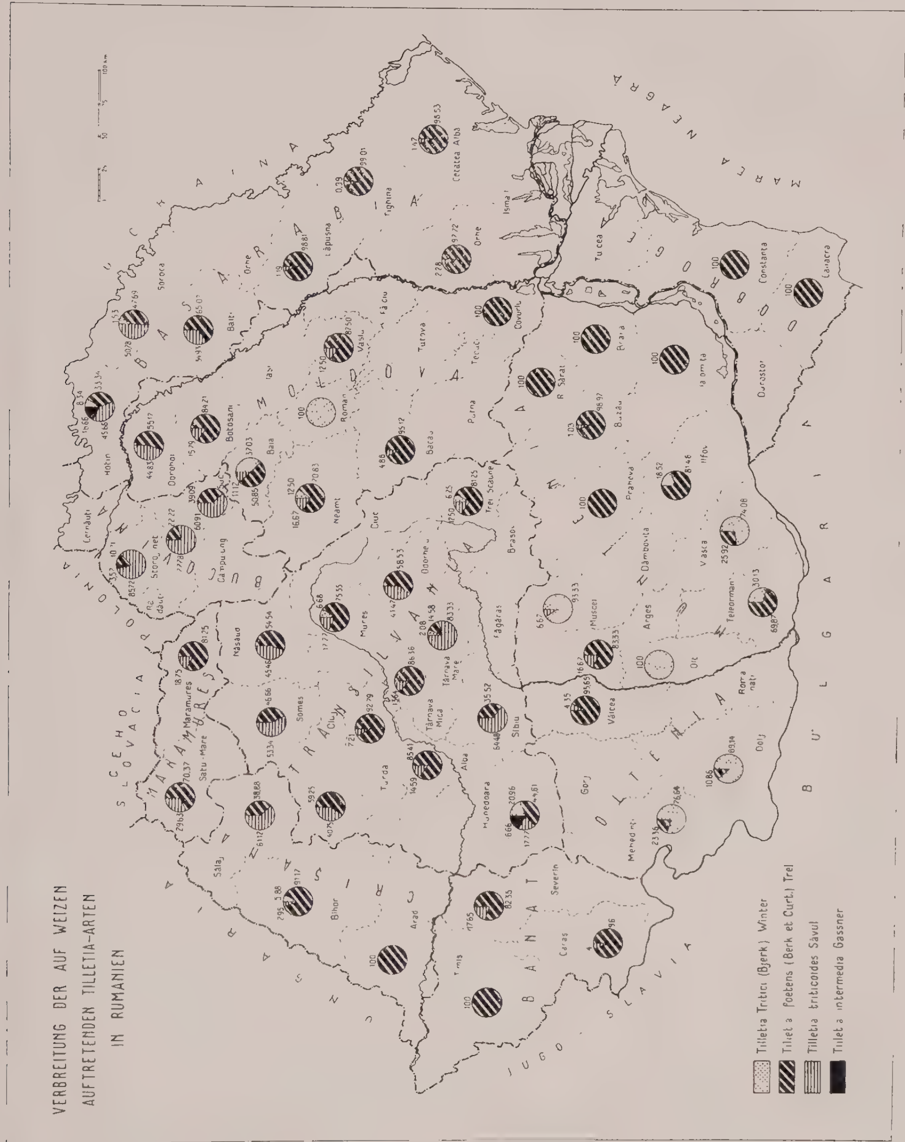


Abb. 1

des untersuchten Ährenmateriales haben wir die Verhältniszahl und die Häufigkeit für jeden Distrikt berechnet und eine Verbreitungskarte (Abb. 1) aufgestellt, worin durch Kreise und Kreissegmente für jeden Distrikt die Häufigkeit der *Tilletia*-Arten des erwähnten Typus und der Form eingezeichnet ist.

Tabelle über die Verbreitung und Frequenz der *Tilletia*-Arten, die im Jahre 1937 den Weizenstinkbrand hervorbrachten

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkunge
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Oltenia										
Gem. Grădistea . . .	Vâlcea	4	1	0	0	80	20	0	0	
„ Veasa	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
„ Lădesti	„	14	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Vâlcea**	22	1	0	0	95,65	4,35	0	0	
Gem. Radovanu . . .	Dolj	0	18	0	0	0	100	0	0	
„ Cârcea	„	2	30	0	0	6,25	95,75	0	0	
„ Radomir	„	17	3	0	0	85	15	0	0	
Lw. Kr. Plenita . . .	„	0	19	0	0	0	100	0	0	
Gem. Bârca	„	0	10	0	0	0	100	0	0	
„ Goicea Mică . .	„	0	8	0	0	0	100	0	0	
Lw. Kr. Craiova . . .	„	0	20	0	0	0	100	0	0	
„ „ Brabora . . .	„	0	17	0	0	0	100	0	0	
Gem. Plosca	„	0	10	0	0	0	100	0	0	
„ Urzicuta . . .	„	0	9	0	0	0	100	0	0	
Lw. Kr. Afumati . . .	„	0	12	0	0	0	100	0	0	
Total	**Dolj**	19	156	0	0	10,86	89,14	0	0	
Gem. Cusmir	Mehedinti	18	15	0	0	54,54	45,46	0	0	
„ Glogova	„	14	0	0	0	100	0	0	0	
„ Stircovîta . . .	„	0	22	0	0	0	100	0	0	
„ Devesel	„	0	21	0	0	0	100	0	0	
„ Vânju Mare . .	„	0	28	0	0	0	100	0	0	
„ Vlădaia	„	0	19	0	0	0	100	0	0	
Total	**Mehedinti**	32	105	0	0	23,36	76,64	0	0	
Gem. Vîsina Veche . .	Romanati	0	14	0	0	0	100	0	0	
Total	**Romanati**	0	14	0	0	0	100	0	0	
Muntenia										
Gem. Băneasa	Ilfov	0	25	0	0	0	100	0	0	
„ I. C. Duca . . .	„	13	0	0	0	100	0	0	0	
„ Dobreni	„	15	0	0	0	100	0	0	0	
„ Găneasa	„	13	0	0	0	100	0	0	0	
„ Bobesti	„	17	0	0	0	100	0	0	0	
„ Afumati	„	28	0	0	0	100	0	0	0	
„ Fundeni	„	24	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Ilfov**	110	25	0	0	81,48	18,52	0	0	
Gem. Leordeni . . .	Muscel	3	0	0	0	100	0	0	0	
„ Topoloveni . . .	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cinmesti . . .	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Golesti	„	3	0	0	0	100	0	0	0	
„ Florica	„	2	0	1	0	66,66	0	33,34	0	
Total	**Muscel**	14	0	1	0	93,33	0	6,67	0	
Gem. Tichilesti . .	Brăila	10	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Brăila**	10	0	0	0	100	0	0	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Limpezisi	Buzău	30	0	2	0	93,75	0	6,25	0	
Lw. Kr. Slănic . . .	„	81	0	0	0	100	0	0	0	
„ „ Ulmeni . . .	„	43	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Pogoanele . . .	„	13	0	0	0	100	0	0	0	
„ Zilisteanca . . .	„	20	0	0	0	100	0	0	0	
Lw. Kr. Tohani . . .	„	6	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Buzău**	193	0	2	0	98,97	0	1,03	0	
Gem. Udresti	R. Sărat	10	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**R. Sărat**	10	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Seceleanu . . .	Ialomita	64	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Ialomita**	64	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Cervenia	Teleorman	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Soimu	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Găunciu	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Vănători . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Năsturelu . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Suhaia	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Piatra	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Smârdioasa . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Balaci	„	44	0	0	0	100	0	0	0	
„ Mirosi	„	0	1	0	0	0	100	0	0	
„ Merisani . . .	„	0	5	0	0	0	100	0	0	
„ Strâmbeni . . .	„	0	4	0	0	0	100	0	0	
„ Dobrotesti . . .	„	0	5	0	0	0	100	0	0	
Lw. Kr. Râioasa . . .	„	2	10	0	0	16,66	83,34	0	0	
Gem. Zimnicea . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Contesti	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Zimnicele . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Viisoara	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Teleorman**	58	25	0	0	69,87	30,13	0	0	
Gem. Putinei	Vlasca	5	0	0	0	100	0	0	0	
„ Stănesti	„	6	0	0	0	100	0	0	0	
„ Frătesti	„	8	1	0	9	88,88	11,12	0	0	
„ Naipu	„	0	18	0	0	0	100	0	0	
„ Vida	„	2	15	0	0	11,76	88.24	0	0	
„ Răsmiresti . . .	„	0	26	0	0	0	100	0	0	
Total	**Vlasca**	21	60	0	0	25,92	74,08	0	0	
Gem. Potcoava . . .	Olt	0	20	0	0	0	100	0	0	
Total	**Olt**	0	20	0	0	0	100	0	0	
Gem. Tigveni	Arges	5	0	1	0	83,33	0	16,67	0	
Total	**Arges**	5	0	1	0	83,33	0	16,67	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Gem. Ciorani	Prahova	21	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Prahova**	21	0	0	0	100	0	0	0	
Moldova										
Gem. Frumusica . . .	Covurlui	6	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Covurlui**	6	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Căciulesti . . .	Neamt	14	0	4	0	77,77	0	22,23	0	
„ Dobreni	„	3	3	0	0	50	50	0	0	
Total	**Neamt**	17	3	4	0	70,83	12,50	16,67	0	
Gem. Todireni . . .	Botosani	26	0	1	0	96,29	0	3,71	0	
„ Răchiti	„	12	0	7	0	63,15	0	36,85	0	
„ Nicseni	„	10	0	1	0	90,90	0	9,10	0	
Total	**Botosani**	48	0	9	0	84,21	0	15,79	0	
Lw· Kr. Stefan Cel Mare.	Vaslui	15	0	7	0	68,18	0	31,82	0	
Lw. Kr. Pungesti . .	„	23	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Moara Domneasca	„	25	0	2	0	92,59	0	7,41	0	
Total	**Vaslui**	63	0	9	0	87,50	0	12,50	0	
Gem. Bălinesti . . .	Dorohoiu	5	0	5	0	50	0	50	0	
„ Zvărostea . . .	„	5	0	5	0	50	0	50	0	
„ Losna	„	0	0	6	0	0	0	100	0	(2 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
„ Vlăsinesti . . .	„	7	0	6	0	53,84	0	46,16	0	
„ Săndriceni . . .	„	8	0	8	0	50	0	50	0	(1 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
„ Săveni	„	11	0	14	0	44	0	36	0	
„ Mihăileni . . .	„	8	0	5	0	61,53	0	38,47	0	
„ Hudesti	„	19	0	2	0	90,47	0	9,53	0	(1 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
„ Tureatca . . .	„	4	0	4	0	50	0	50	0	
„ Miorcani. . . .	„	13	0	3	0	81,25	0	18,75	0	
„ Grămesti . . .	„	16	0	17	0	48,48	0	51,52	0	
„ Adăseni	„	15	0	3	0	83,33	0	16,67	0	
„ Văculesti . . .	„	9	0	17	0	34,61	0	65,39	0	(1 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
„ Valea Câmpului .	„	3	0	9	0	25,0	0	75	0	(1 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
„ Hănesti	„	14	0	6	0	70	0	30	0	
„ Dersca	„	7	0	7	0	50	0	50	0	(1 Ährch. *T. fo* + *triticoid.*)
Total	**Dorohoiu**	144	0	117	0	55,17	0	44,83	0	
Gem. Parincea. . . .	Bacău	23	0	0	0	100	0	0	0	
„ Răcăciuni . . .	„	26	0	1	0	96,29	0	3,71	0	
„ Răcătău. . . .	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Buzdugani . . .	„	8	0	1	0	88,88	0	11,12	0	
„ Geoseni	„	10	0	1	0	90,90	0	9,10	0	
„ Fântânele . . .	„	9	0	1	0	90	0	10	0	
Total	**Bacău**	78	0	4	0	95,12	0	4,88	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Gem. Dămienesti . . .	Roman	0	4	0	0	0	100	0	0	
Total	**Roman**	0	4	0	0	0	100	0	0	
Gem. Stolniceni . . .	Baia	3	19	0	0	13,63	86,37	0	0	
„ Rădăseni . . .	„	0	0	1	0	0	0	100	0	
„ Miroslăvesti . .	„	9	0	1	0	90	0	10	0	(1 Ährch. *T. foet.*
„ Pascani	„	9	0	3	0	75	0	25	0	+ *triticoid.*)
„ Cristesti	„	7	1	1	0	77,77	11,11	11,12	0	
Total	**Baia**	28	20	6	0	51,85	37,03	11,12	0	
covina										
Gem. Botosana . . .	Suceava	0	0	1	0	0	0	100	0	
„ Solonetul nou . .	„	3	0	6	0	33,33	0	66,67	0	
„ Arbore	„	8	0	5	0	61,53	0	38,47	0	
„ Cajvana	„	0	0	27	0	0	0	100	0	
„ Solca	„	5	0	2	0	71,42	0	28,58	0	
„ Bălăceana . . .	„	4	0	17	0	19,04	0	80,96	0	
„ Scheia	„	23	0	9	0	71,87	0	28,13	0	
Total	**Suceava**	43	0	67	0	39,09	0	60,91	0	
Gem. Suceveni	Storojinet	1	0	2	0	33,33	0	66,67	0	
„ Petriceni . . .	„	0	0	10	0	0	0	100	0	
„ Trestiana . . .	„	0	0	4	0	0	0	100	0	
„ Banila pe Ceremus	„	1	0	3	0	25,00	0	75	0	
„ Adâncata . . .	„	0	0	2	0	0	0	100	0	
„ Zamostea . . .	„	1	0	3	1	20,00	0	60	20	
Total	**Storojinet**	3	0	24	1	10,71	0	85,72	3,57	
Gem. Horotnicul de jos	Rădăuti	2	0	7	0	22,22	0	77,78	0	
Total	**Rădăuti**	2	0	7	0	22,22	0	77,78	0	
sarabia										
Gem. Cornesti	Bălti	41	0	1	0	91,66	0	8,34	0	
„ Tălesti	„	5	0	0	0	100	0	0	0	
„ Chirileni . . .	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
„ Catrana	„	4	0	1	0	80	0	20	0	
„ Sângereni . . .	„	11	0	5	0	68,75	0	31,25	0	
„ Glodeni	„	5	0	0	0	100	0	0	0	
„ Nicoreni	„	0	0	27	0	0	0	100	0	
„ Cajba	„	3	0	2	0	60	0	40	0	
„ Brătuseni . . .	„	5	0	7	0	41,66	0	58,34	0	
„ Hăjdieni . . .	„	4	0	1	0	80	0	20	0	
„ Chiscăreni . . .	„	43	0	7	0	86	0	14	0	
Total	**Bălti**	95	0	51	0	65,07	0	34,93	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Gem. Bulboaca . . .	Tighina	13	0	0	0	100	0	0	0	
„ Chircăesti . . .	„	34	0	1	0	97,14	0	2,86	0	
„ Comrat	„	30	0	0	0	100	0	0	0	
„ Bahmutia . . .	„	14	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cainari	„	28	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Tighina**	119	0	1	0	99,01	0	0,99	0	
Gem. Faraoni	Cetatea Albă	6	0	0	0	100	0	0	0	
„ Volintiri	„	17	0	0	0	100	0	0	0	
„ Tuzla	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
„ Chebabcea . . .	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
„ Burnazu	„	4	0	0	0	100	0	0	0	
Lw. Kr. Saba	„	21	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Taslăc	„	20	0	0	0	100	0	0	0	
„ Arciz	„	5	0	1	0	83,33	0	16,67	0	
Total	**Cetatea Albă**	81	0	1	0	98,78	0	1,22	0	
Gem. Cliscăuti . . .	Hotin	3	0	1	1	60	0	20	20	
„ Romancăuti .	„	1	1	4	1	14,28	14,28	57,16	14,28	
Total	**Hotin**	4	1	5	2	33,34	8,34	41,67	16,66	
Lw. Kr. Zgurita . . .	Soroca	17	0	6	0	73,91	0	26,09	0	
„ „ Vârtejeni . .	„	6	0	7	0	46,15	0	53,85	0	
Gem. Briceni	„	0	0	2	0	0	0	100	0	
„ Cadreni	„	1	0	3	0	25	0	75	0	
„ Arionesti . . .	„	2	0	1	0	66,66	0	33,34	0	
„ Volcinet	„	1	0	3	0	25	0	75	0	
„ Otaci	„	1	0	2	0	33,34	0	66,66	0	
„ Târnova	„	3	0	9	0	23,07	7,69	69,24	0	
Total	**Soroca**	31	1	33	0	47,69	1,53	50,78	0	
Gem. Zberoaia	Lăpusna	53	0	0	0	100	0	0	0	
„ Brezina	„	29	0	0	0	100	0	0	0	
„ Borodino . . .	„	27	0	2	0	93,10	0	6,90	0	
„ Tarutino . . .	„	16	0	0	0	100	0	0	0	
„ Budesti	„	15	0	0	0	100	0	0	0	
„ I. G. Duca . . .	„	15	0	0	0	100	0	0	0	
„ Vorniceni . . .	„	12	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Lăpusna**	167	0	2	0	98,81	0	1,19	0	
Gem. Moscovici . . .	Cahul	11	0	1	0	91,66	0	8,34	0	
„ Filipeni	„	22	0	0	0	100	0	0	0	
„ Baurci	„	10	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Cahul**	43	0	1	0	97,72	0	2,28	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
brogea										
Gem. Cioban Cuius . .	Caliacra	47	0	0	0	100	0	0	0	
„ I. G. Duca . . .	„	84	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cernanco . . .	„	40	0	0	0	100	0	0	0	
„ Rogojina . . .	„	34	0	0	0	100	0	0	0	
„ Liliacova . . .	„	41	0	0	0	100	0	0	0	
„ Spasova	„	32	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Caliacra**	278	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Negru Vodă . .	Constanta	8	0	0	0	100	0	0	0	
„ G-l Scărisoreanu .	„	11	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cogealac	„	18	0	0	0	100	0	0	0	
„ Poarta Albă . .	„	17	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cumpăna . . .	„	8	0	0	0	100	0	0	0	
„ Nisipari	„	3	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cuza Vodă . . .	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Castelul	„	3	0	0	0	100	0	0	0	
„ Crucea	„	15	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Constanta**	85	0	0	0	100	0	0	0	
ramures										
Lw. Kr. Halmeu . . .	Satu Mare	16	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Copalnic Mănăstur	„	3	0	8	0	27,27	0	72,73	0	(1 Ährch. *T. foet.* + *triticoid.*)
Total	**Satu Mare**	19	0	8	0	70,37	0	29,63	0	
Gem. Icud	Maramures	6	0	0	0	100	0	0	0	
„ Cornesti	„	7	0	3	0	70	0	30	0	
Total	**Maramures**	13	0	0	0	81,25	0	18,75	0	
isana										
Stadt Zalău	Sălaj	5	0	7	0	41,66	0	58,34	0	(1 Ährch. *T. foet.* + *triticoid.*)
Gem. Drighin	„	2	0	4	0	25	0	75	0	(1 Ährch. *T. foet.* + *triticoid.*)
Total	**Sălaj**	7	0	11	0	38,88	0	61,12	0	
Lw. Kr. Ineu	Arad	23	0	0	0	100	0	0	0	
„ „ Sebis	„	14	0	0	0	100	0	0	0	
„ „ Târnova . . .	„	14	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Arad**	51	0	0	0	100	0	0	0	
Gem. Ciumeghiu . . .	Bihor	7	0	0	0	100	0	0	0	
„ Sisterca	„	0	2	0	0	0	100	0	0	
„ Nădar	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Chioag	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Tilecus	„	14	0	1	0	93,33	0	6,67	0	
„ Lunca	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Rieni	„	5	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Bihor**	31	2	1	0	91,17	5,88	2,95	0	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Banat										
Gem. Bacăul de mijloc	Severin	14	0	3	0	82,35	0	17,65	0	
„ Ostrov	„	18	0	10	0	64,28	0	35,72	0	
„ Cliciova	„	18	0	2	0	90	0	10	0	
„ Jupalnic	„	20	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Severin**	70	0	15	0	82,35	0	17,65	0	
Gem. Sistarovăt . . .	Timis-Torontal	17	0	0	0	100	0	0	0	
Lw. Kr. Giulvăz . . .	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Timis-Torontal**	19	0	0	0	100	0	0	0	
Lw. Kr. Bocsa	Caras	35	0	1	0	97,22	0	2,78	0	
Gem. Moldova Nouă .	„	13	0	1	0	92,85	0	7,15	0	
Total	**Caras**	48	0	2	0	96,00	0	4	0	
Transilvania										
Gem. Odorheiu . . .	Odorheiu	20	0	0	0	100	0	0	0	
Lw. Kr. I. G. Duca . .	„	4	0	17	0	19,04	0	80,96	0	
Total	**Odorheiu**	24	0	17	0	58,53	0	41,47	0	
Gem. Năsăud	Năsăud	7	0	1	0	87,50	0	12,50	0	
„ Lusca	„	6	0	1	0	85,71	0	14,29	0	
„ Rusul Bârg . .	„	5	0	13	0	27,77	0	72,23	0	
Total	**Năsăud**	18	0	15	0	54,54	0	45,46	0	
Gem. Toplita	Mures	7	0	5	0	58,33	0	41,67	0	
„ Ocnita	„	7	3	3	0	53,84	23,07	23,09	0	
„ Mosuni	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Râciu	„	19	0	0	0	100	0	0	0	
Total	**Mures**	34	3	8	0	75,55	6,68	17,77	0	
Gem. Rusi	Sibiu	12	0	6	0	66,66	0	33,34	0	(1 Ährch. *T. f*
„ Hamba	„	1	0	7	0	12,50	0	87,50	0	+ *triticoid.*)
„ Aciliu	„	9	0	11	0	45	0	55	0	
„ Nocrih.	„	0	0	2	0	0	0	100	0	
„ Altina	„	1	0	1	0	50	0	50	0	
„ Tâlmaci	„	4	0	22	0	15,38	0	84,62	0	
Total	**Sibiu**	27	0	49	0	35,52	0	64,48	0	
Gem. Ghelmar	Hunedoara	7	0	0	0	100	0	0	16,66	
„ Orăstie	„	5	0	0	1	83,30	0	0	0	
„ Turdas	„	8	2	0	0	80	20	0	0	(2 Ährch. *T. f*
Lw. Kr. Ilioiu	„	14	0	6	0	70	0	30	0	+ *triticoid.*)
Gem. Baia de Cris . .	„	0	11	0	0	0	100	0	0	
„ Brad	„	3	0	5	0	37,50	0	62,50	0	
Total	**Hunedoara**	37	13	11	1	44,61	20,96	17,17	16,66	

(Fortsetzung)

Ortschaft	Distrikt	Die Zahl der untersuchten Ähren				Prozent				Bemerkungen
		Tilletia foetens	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	*Tilletia foetens*	*Tilletia Tritici*	*Tilletia triticoides*	*forma intermedia*	
Gem. Ruseni	Trei Scaune	6	1	1	0	75	12,50	12,50	0	
„ Covasna	„	7	0	1	0	87,50	0	12,50	0	
Total	**Trei Scaune**	13	1	2	0	81,25	6,25	12,50	0	
Lw. Kr. Seica Mare . .	Târnava Mare	4	0	6	0	40	0	60	0	
„ „ Agnita . . .	„	3	1	18	0	13,63	4,54	81,83	0	
„ „ Sighisoara . .	„	0	0	16	0	0	0	100	0	
Total	**Târnava Mare**	7	1	40	0	14,58	2,08	83,33	0	
Lw. Kr. Blaj	Târnava Mică	8	0	0	0	100	0	0	0	
„ „ Dumbrăveni .	„	1	0	1	0	50	0	50	0	
„ „ Valea Lungă .	„	10	0	2	0	83,33	0	16,67	0	
Total	**TârnavaMică**	19	0	3	0	86,36	0	13,64	0	
Gem. Piatra	Somes	3	0	0	0	100	0	0	0	
„ Săcălaia	„	11	0	6	0	64,70	0	35,30	0	
„ Gaubani	„	11	0	14	0	44	0	56	0	
„ Lăpus	„	9	0	13	0	40,90	0	59,10	0	
„ Jichisul de sus .	„	1	0	7	0	12,50	0	87,50	0	
Total	**Somes**	35	0	40	0	46,66	0	53,34	0	
Gem. Teius	Alba	17	0	1	0	94,44	0	5,56	0	
„ Sebes	„	5	0	0	0	100	0	0	0	
„ Zlatna	„	5	0	5	0	50	0	50	0	
„ Ocna Muresului .	„	14	0	1	0	93,33	0	6,67	0	
Total	**Alba**	41	0	7	0	85.41	0	14.59	0	
Lw. Kr. Unirea . . .	Turda	12	0	0	0	100	0	0	0	
„ „ Câmpia Turzei	„	91	0	8	0	91,91	0	8.09	0	
Total	**Turda**	103	0	8	0	92,79	0	7,21	0	
Gem. Petrind	Cluj	29	0	23	0	55,76	0	44.24	0	
„ Sulinasul de Câmpie . . .	„	1	0	0	0	100	0	0	0	
„ Năoiu.	„	4	0	3	0	57,14	0	42.86	0	
„ Sânmihaiul de Câmpie	„	10	0	5	0	66,66	0	33,34	0	
„ Buteni	„	3	0	15	0	16,66	0	83,34	0	
„ Luna de sus . .	„	2	0	0	0	100	0	0	0	
„ Gădălin	„	17	0	4	0	80,95	0	19.05	0	
„ Hida	„	14	0	5	0	73,68	0	26,32	0	
Total	**Cluj**	80	0	55	0	59,25	0	40,75	0	

Aus der Tabelle und den Aufzeichnungen der Landkarte können folgende Schlußfolgerungen gezogen werden:

a) *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. hat das größte Verbreitungsgebiet in Rumänien und ist auch am häufigsten vertreten. Dieses bestätigt auch unsere früheren Untersuchungen. In der Dobrogea (Distrikte Constanta und Caliacra) sowie in der Muntenia in den Distrikten Prahova, Râmnic-Sărat, Brăila und Jalomita wurde nur *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. gefunden. Dasselbe gilt auch für den südlichen Teil der Moldau (Distrikt Covurlui) und für den Distrikt Timis im Banat und Distrikt Arad in der Provinz Crisana.

Im Jahre 1939 war *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. im Banat verbreiteter als in den anderen Jahren, so zum Beispiel im Distrikt Caras 96%, im Distrikt Severin 82,35%; ebenfalls im Distrikt Bihor 91,17%, jedoch im Distrikt Sălaj sinkt die Verhältniszahl auf 38.88%.

Die größten Frequenzprozente sind im mittleren Teile Siebenbürgens zu verzeichnen: Distrikt Turda 92,79%, Distrikt Târnava Mică 86,36%, Distrikt Alba 85,41%. Im übrigen Siebenbürgen sind die niedrigsten Prozentsätze im Distrikte Târnava Mare mit 14,58%; es folgen dann steigend die anderen Distrikte, und zwar: Sibiu mit 35,52%, Somes mit 46,66%, Năsăud mit 54,54%, Odorheiu mit 58,53%, Cluj mit 59,25%, Hunedoara mit 44,61%, Mures mit 75,55%, Trei Scaune mit 81,25%.

In der Oltenia findet man die niedrigsten Prozentsätze im südlichen Teile, und zwar in den Distrikten Dolj mit 10,86% und Mehedinti mit 23,36%, nach dem Norden zu steigen dieselben (Distrikt R. Vâlcea 95,65%).

In der Muntenia begegnet man dem Maximum der Frequenz im östlichen Teile der Provinz mit 100%, nach dem Westen zu fällt der Prozentsatz in den einzelnen Distrikten, und zwar: Teleorman mit 69,87%, Arges 83,33%, Muscel 93,33%, Vlasca 25,92%, Ilfov 81,48% und Buzău 98,97%.

In der Südmoldau ist die Art häufiger als im nördlichen Teil der Provinz, wie aus folgenden Prozentsätzen ersichtlich: Covurlui 100%, Bacău 95,12%, Vaslui 87,50%, Neamt 70,83%, Baia 51,85%, Botosani 84,21% und Dorohoiu 55,17%.

Dieselbe prozentuale Abnahme vom Süden nach Norden ist auch in Bessarabien zu verzeichnen: Cahul: 97,72%, Cetatea Albă 98,78%, Tighina 99,01%, Lăpusna 98,81%, Bălti 65,07%, Soroca 47,69% und Hotin 33,34%.

Für die Provinz Maramures berechneten wir folgende Verhältniszahlen: Satu Mare 70,37%, Maramures 81,25%.

Viel geringer beziffert sich die Frequenz in der Bucovina: Suceava 39,09%, Rădăuti 22,22%, Storojinet 10,71%.

b) *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter herrscht in der Oltenia und in der Westmuntenia vor. Das ganze untersuchte Material des Distriktes

Olt gehörte dieser Art an (100%). Im Distrikte Vlasca beziffert sich die Frequenz auf 74,08%; weniger häufig ist die Art in den Distrikten Teleorman (30,13%) und Ilfov (18,52%); in der übrigen Muntenia wurde sie nicht gefunden. Wenn auch in der Oltenia verbreiteter als *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., so kommt sie mit ihr gemeinschaftlich vor. Wir fanden folgende Frequenz: Romanati: 100%, Dolj 89,14%, Mehedinti 76,64%, Vâlcea 4,35%.

Die größte Verbreitung fanden wir in der Moldau in der Mitte der Provinz, im Distrikte Roman (100%), weniger häufig in den Distrikten Baia (37,03%) und Neamt (12,50%).

In Bessarabien kommt die Art nur im Norden vor, in den Distrikten Hotin (8,34%) und Soroca (1,53%). In Siebenbürgen fanden wir in diesem Jahre die Art nur in drei Distrikten, und zwar mit folgender Frequenz: Trei Scaune 6,25%, Mures 6,68%, Târnava Mare 2,08%, Hunedoara 20,96%.

Im Distrikte Bihor der Provinz Crisana beziffert sich der Prozentsatz auf 5,88%, dagegen wurde in den Provinzen Maramures, Bucovina und Banat *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter in diesem Jahre nicht gefunden, obwohl in den vergangenen die Art häufig anzutreffen war. Die Erklärung wird weiter unten gegeben.

c) *Tilletia triticoides* Săvul. Das Verbreitungsgebiet dieses beweisbar von uns als selbständige Art angesehenen Typus liegt, wie aus der Karte ersichtlich, im Norden des Landes. Die Gegend von mir und meinem Mitarbeiter erst als das Verbreitungsgebiet der Art *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter betrachtet, gehört in Wirklichkeit zum Verbreitungsgebiet des von mir als *Tilletia triticoides* Săvul. benannten Typus. Auf Grund des untersuchten Materiales kommt dieser Typus in der Oltenia, in der Dobrogea und in der Südmuntenia nicht vor, auch in den nördlichen und höher gelegenen Teilen Munteniens ist er schwach vertreten; Arges 16,67%, Muscel 6,67%, Buzău 1,03%. In Mittel- und Südbessarabien ist der Prozentsatz der Verbreitung geringer im Vergleich mit den nördlichen Teilen der Provinz, so konnten wir in dem aus den Gemeinden des Distriktes Tighina stammenden Material nur in demjenigen der Gemeinde Chirhăesti die Art feststellen. Der Prozentsatz für den Distrikt Tighina beträgt 0,99%. Ebenfalls gering ist dieser Prozentsatz in den Distrikten Cetatea Albă (1,22%), Cahul (2,28%), Lăpusna (1,19%), dagegen ist derselbe im Norden Bessarabiens hoch: Bălti mit 34,93%, Hotin mit 41,67% und Soroca als höchster mit 50,78%. Die gleichen Verhältnisse findet man auch in der Moldau, im Süden einen niedrigen Prozentsatz: Bacău 4,88%, dem Norden zu einen immer höheren, Iasi 12,50%, Neamt 16,67%, Botosani 15,79% und Dorohoiu 44,83%.

In der Bukowina konkurrieren *Tilletia triticoides* Săvul. und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., die erste aber die letztere überwiegend, und die Frequenz derselben steigt allmählich nach dem Norden der Provinz zu: Suceava mit einem Prozentsatz von 60,91 %, Rădăuti 77,78 % und Storojinet 85,72%.

Im Banat kommt *Tilletia triticoides* Săvul. zusammen mit *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. vor. In dem aus dieser Provinz stammenden Materiale konnte *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter nicht festgestellt werden. Für den Distrikt Severin beträgt der Verbreitungsprozentsatz der *Tilletia triticoides* Săvul. gegenüber *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. 17,65% und geringer im Distrikte Caras mit nur 4%.

In der Provinz Crisana ist die Frequenz im Distrikte Bihor 2,95 % und größer im Distrikte Sălaj (61,12%). Die Verhältnisse in der Provinz Maramures ähneln denjenigen des Banates: *Tilletia triticoides* Săvul. kommt zusammen mit *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. vor, mit folgenden Prozenten: Distrikt Satu Mare 29,63% und Distrikt Maramures 18,75%.

In Siebenbürgen wurde *Tilletia triticoides* Săvul. in allen Distrikten, von welchen wir Material erhielten, gefunden. *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter hat ein kleineres Verbreitungsgebiet und kommt auch weniger häufig vor als *Tilletia triticoides* Săvul. Wir fanden die Art nur in 4 von 12 Distrikten und auch hier in einem niedrigen Prozentsatz. *Tilletia triticoides* Săvul. erlangt den höchsten Prozentsatz der Frequenz im Distrikte Târnava Mare mit 83,33% und den niedrigsten im Distrikte Turda (7,21%). Im Norden Siebenbürgens ist der Prozentsatz höher als im südlichen und mittleren Teile der Provinz, und zwar: Distrikt Cluj 40,75%, Distrikt Năsăud 45,46%, Distrikt Somes 53,34%. Im übrigen Teil der Provinz konnten wir folgende Prozentsätze feststellen: Distrikt Hunedoara 17,77 %, Distrikt Sibiu 64,48 %, Distrikt Alba 14,59 %, Distrikt Târnava Mică 13,64 %, Distrikt Trei Scaune 12,50 %, Distrikt Odorheiu 41,47 % und Distrikt Mures 17,77 %.

Die analytischen Untersuchungen des kranken Materiales aus 54 Distrikten Rumäniens ergeben, daß *Typus triticoides* im Jahre 1939 ein größeres Verbreitungsgebiet als *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter hatte, aber ein kleineres als *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., und daß die Frequenz größer dem Norden zu ist, so daß, was früher als *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter angesehen wurde, in diesem Gebiete größtenteils der *Tilletia triticoides* Săvul. angehört.

Tilletia triticoides Săvul. wurde in 25 Distrikten nicht zusammen mit *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter gefunden; dieses bezeugt gleich von Anfang eine genetische Selbständigkeit gegenüber letzter Art. Wir

fanden sie aber immer zusammen mit *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. und in 13 Vergesellschaftungen selbst in derselben Ähre.

d) *Tilletia intermedia* Gaßner fanden wir nur in vier zu drei Distrikten gehörenden Ortschaften (Hotin, Storojinet, Hunedoara) mit

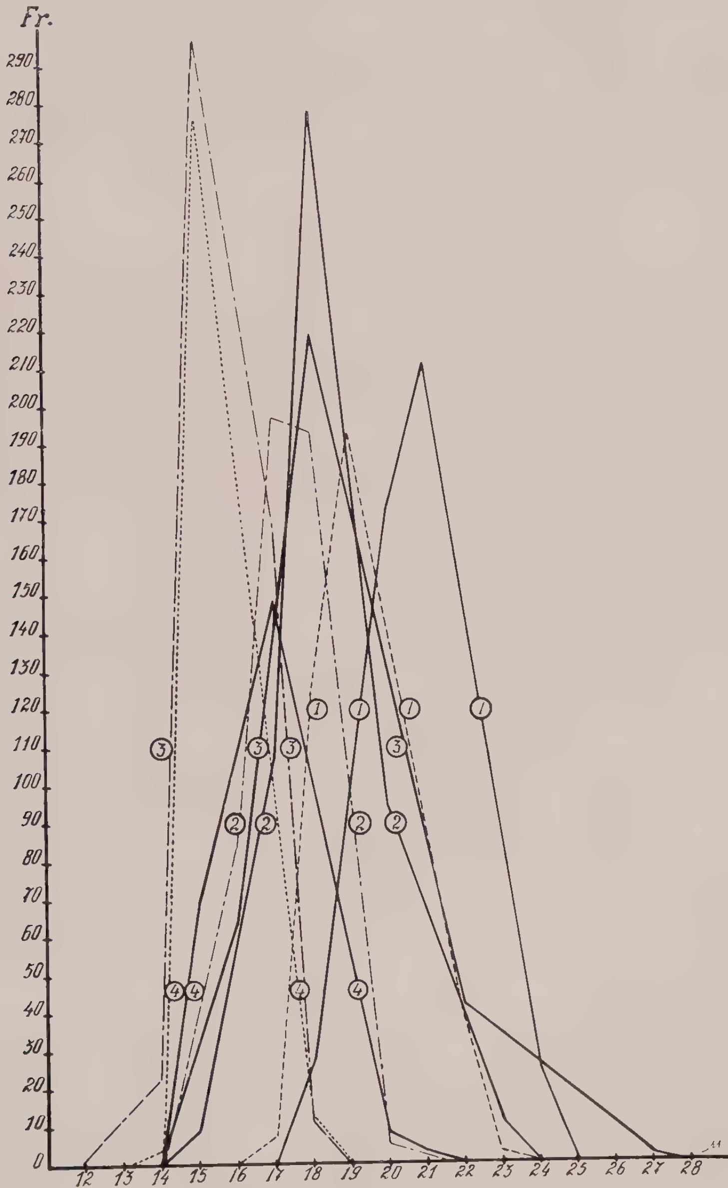


Abb. 2

Längen- (———) und Breitenkurven (...........) der Brandsporen verschiedener auf Weizen auftretenden *Tilletia*-Arten

1. *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter. 2. *Tilletia triticoides* Săvul.
3. *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. 4. *Tilletia intermedia* Gaßn.

folgendem Prozentsatz: Distrikt Hotin 16,66% (in zwei Ortschaften, Cliscăuti 20%, Romancăuti 14,28%), Distrikt Storojinet 3,57% (nur in der Ortschaft Zamostea) und Distrikt Hunedoara 16,66% (nur in der Gemeinde Orăstie). Wie in der Türkei, so kommt auch in Rumänien die Art immer gemeinschaftlich mit *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. vor. Dieses deutet, wie Gaßner es bereits erwähnt, noch mehr die hybridogene Natur an.

II. Die vergleichend morphologischen Untersuchungen der Sporen der zwei den Weizenstinkbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten des von mir vorläufig als *„triticoides"* benannten Typus und der von Gaßner aufgestellten Form *Tilletia Tritici „forma intermedia"*

a) *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter.

Im Sommer 1939 gesammeltes Material. Sporen kugelförmig oder fast kugelförmig. Die Messungen von 500 gemischt aus verschiedenen Ortschaften des Landes stammenden Sporen ergaben folgende Längen- und Breitenvariationsreihen:

$$\text{Sporenlänge: } \frac{18 \quad 19 \quad 20 \quad \mathbf{21} \quad 22 \quad 23 \quad 24 \quad 25\ \mu}{27 \quad 62 \quad 173 \quad \mathbf{212} \quad 16 \quad 3 \quad 6 \quad 1} \quad M = 20{,}83\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{17 \quad 18 \quad \mathbf{19} \quad 20 \quad 21 \quad 22 \quad 23\ \mu}{7 \quad 124 \quad \mathbf{192} \quad 135 \quad 38 \quad 1 \quad 3} \quad M = 19{,}17\ \mu$$

$$\text{Lg/Br.} = 1{,}08$$

In Abb. 2 (Kurven 1) sind auf Grund dieser Messungen die Variationskurven der Längen und Breiten dargestellt. Die Größe der Sporen variiert in den verschiedenen Ortschaften in gewissen Grenzen, die häufigsten Werte entsprechen jedoch denjenigen, welche wir in den Variationsreihen für 500 Sporen angegeben. Aus weiter unten angegebenen Ortschaften je 100 Sporen messend, stellten wir folgende Variationsreihen für jede Ortschaft auf.

Gem. Pielesti, Distrikt Dolj

$$\text{Sporenlänge: } \frac{18 \quad 19 \quad \mathbf{20} \quad 21 \quad 22\ \mu}{6 \quad 31 \quad \mathbf{52} \quad 13 \quad 1} \quad M = 19{,}72\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{16 \quad \mathbf{18} \quad 19 \quad 20\ \mu}{1 \quad \mathbf{61} \quad 31 \quad 12} \quad M = 18{,}50\ \mu$$

$$\text{Lg/Br.} = 1{,}06$$

Gem. Dragotesti, Distrikt Romanati

$$\text{Sporenlänge: } \frac{17 \quad \mathbf{18} \quad 19 \quad 20 \quad 21\ \mu}{1 \quad \mathbf{45} \quad 27 \quad 26 \quad 3} \quad M = 18{,}85\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{17 \quad \mathbf{18} \quad 19 \quad 20\ \eta}{12 \quad \mathbf{84} \quad 5 \quad 1} \quad M = 17{,}95\ \mu$$

$$\text{Lg/Br.} = 1{,}04$$

Gem. Socolesti, Distrikt Mehedinti

$$\text{Sporenlänge: } \frac{18 \quad 19 \quad \mathbf{20} \quad 21 \quad 22\ \mu}{4 \quad 26 \quad \mathbf{43} \quad 28 \quad 1} \quad M = 19{,}96\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{\mathbf{18} \quad 19 \quad 20 \quad 21\ \mu}{\mathbf{49} \quad 32 \quad 15 \quad 4} \quad M = 18{,}54\ \mu$$

$$\text{Lg/Br.} = 1{,}07$$

Gem. Corcova, Distrikt Mehedinti

$$\text{Sporenlänge: } \frac{18 \quad 19 \quad \mathbf{20} \quad 21\ \mu}{5 \quad 16 \quad \mathbf{48} \quad 34} \quad M = 20{,}77\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{\mathbf{18} \quad 19 \quad 20\ \mu}{\mathbf{54} \quad 31 \quad 18} \quad M = 18{,}65\ \mu$$

$$\text{Lg/Br.} = 1{,}11$$

Auch diese lokalen Messungen ergeben, daß die Durchschnittslängen zwischen 18,85 μ und 19,96 μ schwanken; die häufigsten Längen be-

tragen 20 μ. Die Breite der Sporen schwankt zwischen 17,95 μ und 18,65 μ; die häufigste Breite beträgt 18 μ. Das Verhältnis Länge : Breite schwankt zwischen 1,04 : 1,11. Die geringen Abweichungen der Längen- und Breitenvariationen bezeugen eine fast konstante Form der Sporen

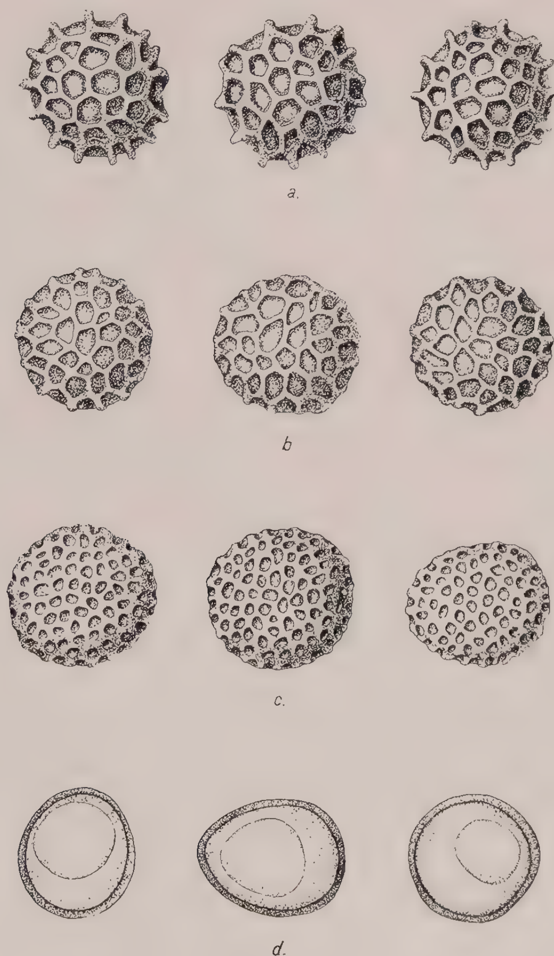


Abb. 3

Brandsporen verschiedener auf Weizen auftretenden *Tilletia*-Arten

a *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter b *Tilletia triticoides* Săvul.
c *Tilletia intermedia* Gaßner d *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

und das Verhältnis Länge : Breite, fast gleich 1, die kugelförmige oder fast kugelförmige Gestalt.

Das Verdickungsnetz der Sporenmembran weist folgende Durchschnittswerte auf: 2,40—6,64 μ (Gemeinde Socolesti, Distr. Mehedinti); 2,50—5,80 μ (Gemeinde Osica, Distrikt Roman); 2,45—6,64 μ (Gemeinde Rosiuta, Distrikt Mehedinti); 2,40—5,80 μ. Die Höhe der Verdickungen

ist 1,66—2 μ (in Übereinstimmung mit den Angaben **Gaßners**); die Breite der Verdickungen schwankt zwischen 0,60—0,80 μ.

Bezüglich der Sporenform und deren Skulpturen vergleiche die schematische Abb. 3a und das Mikrolichtbild Abb. 4.

b) *Tilletia triticoides* Săvul.

Im Sommer 1939 gesammeltes Material. Die Sporenform nähert sich der vorhergehenden Art, kugelförmig oder fast kugelförmig, doch kleiner. Die Messungen von 500 gemischt aus den verschiedenen Ortschaften des Landes stammenden Sporen ergaben folgende Längen- und Breitenvariationsreihen:

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\quad 16\quad 17\quad \mathbf{18}\quad 19\quad 20\quad 21\quad 23\quad 24\ \mu}{9\quad 20\quad 72\quad \mathbf{278}\quad 61\quad 33\quad 10\quad 1\quad 1}\ M = 18{,}00\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{15\quad 16\quad \mathbf{17}\quad 18\quad 19\quad 20\quad 21\ \mu}{35\quad 84\quad \mathbf{197}\quad 177\quad 4\quad 1\quad 2}\ M = 17{,}02\ \mu$$

Lg/Br. = 1,05

In Abb. 2 (Kurven 2) sind auf Grund dieser Messungen die Variationskurven der Längen und Breiten dargestellt. Auch hier variiert die Größe der Sporen in den einzelnen Ortschaften, die häufigsten Werte sind jedoch diejenigen, welche wir in den Variationsreihen für 500 Sporen angegeben. Aus weiter unten angegebenen Ortschaften je 100 Sporen messend, stellten wir folgende Variationsreihen für jede Ortschaft auf:

Gem. Criscior, Distrikt Hunedoara

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\quad 16\quad 17\quad \mathbf{18}\quad 19\quad 20\quad 21\ \mu}{2\quad 4\quad 16\quad \mathbf{62}\quad 9\quad 6\quad 2}\ M = 17{,}97\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{14\quad 15\quad \mathbf{16}\quad 17\quad 18\ \mu}{1\quad 24\quad \mathbf{37}\quad 20\quad 15}\ M = 16{,}18\ \mu$$

Lg/Br. = 1,11

Gem. Henig, Distrikt Alba

$$\text{Sporenlänge: } \frac{16\quad 17\quad \mathbf{18}\quad 20\quad 21\ \mu}{1\quad 22\quad \mathbf{69}\quad 2\quad 1}\ M = 17{,}69\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{15\quad \mathbf{16}\quad 17\quad 18\ \mu}{16\quad \mathbf{41}\quad 39\quad 10}\ M = 16{,}39\ \mu$$

Lg/Br. = 1,07

Gem. Ocna Sibiului, Distrikt Sibiu

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\quad 16\quad 17\quad \mathbf{18}\quad 19\quad 20\quad 21\ \mu}{2\quad 5\quad 15\quad \mathbf{61}\quad 10\quad 9\quad 6}\ M = 18{,}13\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{15\quad 16\quad 17\quad \mathbf{18}\quad 19\ \mu}{13\quad 14\quad 22\quad \mathbf{57}\quad 2}\ M = 17{,}19\ \mu$$

Lg/Br. = 1,05

Gem. Buia, Distrikt Târnava Mare

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\quad 16\quad \mathbf{17}\quad 18\ \mu}{16\quad 26\quad \mathbf{45}\quad 20}\ M = 16{,}63\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{\mathbf{15}\quad 16\quad 17\quad 18\ \mu}{\mathbf{61}\quad 32\quad 12\quad 1}\ M = 15{,}55\ \mu$$

Lg/Br. 1,06

Gem. Băneasa, Distrikt Ilfov

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\quad 16\quad 17\quad \mathbf{48}\quad 19\quad 20\ \mu}{3\quad 7\quad 31\quad \mathbf{56}\quad 4\quad 3}\ M = 17{,}57\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{15\quad 16\quad \mathbf{17}\quad 18\ \mu}{21\quad 29\quad \mathbf{32}\quad 22}\ M = 16{,}52\ \mu$$

Lg/Br. = 1,06

Auch diese lokalen Messungen ergeben, daß die Durchschnittslängen zwischen 16,63 μ und 18,13 μ schwanken; die häufigsten Längen betragen 18 μ, nur in einer Ortschaft fanden wir die Länge von 17 μ am

häufigsten vertreten. Die Durchschnittsbreite der Sporen schwankt zwischen 15,55 μ und 17,19 μ, die häufigste Breite zwischen 16 μ und 18 μ. Das Verhältnis Länge : Breite schwankt zwischen 1,05 : 1,11. Wie auch bei der vorigen Art bezeugt die geringe Abweichung eine fast konstante Form der Sporen und der Wert fast gleich 1 des Verhältnisses Länge : Breite die kugelförmige oder fast kugelförmige Gestalt. Das Verdickungsnetz der Sporenmembran hat 2,40—5,80 μ große Maschen, und die Zahl derselben schwankt zwischen 36—60. Es besteht kein Unterschied zwischen *Tilletia triticoides* und *Tilletia Tritici* hinsichtlich der Maschengröße und Zahl derselben. Obwohl das Verdickungsnetz breite Maschen besitzt, so ist dasselbe nicht stark vertieft, sondern oberflächlich und fein, die Verdickungen betragen 0,4—0,8 μ. Die Sporenwand hat infolge der feinen Verdickungen ein wellenförmiges Aussehen und erscheint nicht erhaben gedornt. Obwohl durch die Form der Maschenweite des Verdickungsnetzes und der Maschenzahl die Sporen unserer Art *Tilletia Tritici* sehr nahe stehen, sind dieselben jedoch durch die Feinheit der Verdickungen nicht einmal halb so lang wie diejenigen von *Tilletia Tritici* und des schwach gewellten Randes wegen leicht morphologisch zu unterscheiden. Es hat den Anschein, als ob die Unterschiede dieser beiden Arten mehr einen quantitativen Charakter besitzen, jedoch, wenn auch die Unterscheidungsmerkmale gering, sind dieselben dennoch sehr präzise und beständig, so daß derjenige, der sich bemüht, dieselben zu erkennen, leicht *Tilletia Tritici* von *Tilletia triticoides* unterscheiden kann. In den drei Jahren, in welchen wir uns in unserem Laboratorium mit der Feststellung der Zugehörigkeit der den Stinkbrand des Weizens hervorbringenden *Tilletia*-Arten beschäftigten, konnten wir die Arten ohne Schwierigkeiten immer trennen. Die Genauigkeit und Beständigkeit

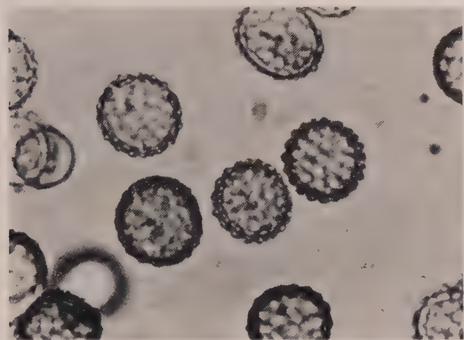


Abb. 4
Tilletia Tritici (Bjerk.) Winter
Brandsporen
Vergr. etwa 700 fach

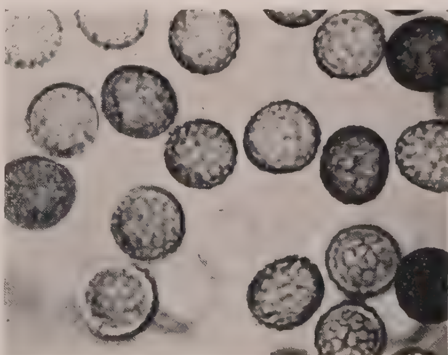


Abb. 5
Tilletia triticoides Săvul.
Brandsporen
Vergr. etwa 700 fach

der morphologischen Eigenschaften sowie die selbständige genetische Natur rechtfertigten uns, wie wir es in einem folgenden Abschnitt zeigen werden, die anfangs vorläufig „*Typus triticoides*“ benannte und *Tilletia Tritici* nahestehende, aber doch genügend verschieden, um leicht zu erkennende Form als eine selbständige Art anzusehen. Bezüglich der Sporenform und deren Skulpturen vergleiche die schematische Abb. 3b und das Mikrolichtbild Abb. 5.

c) *Tilletia intermedia* Gaßner (= *Tilletia Tritici* × *Tilletia foetens*).

Im Sommer 1939 gesammeltes Material. Die Sporenform verschieden: kugelförmig, fast kugelförmig, elliptisch, oval oder sogar zackig. Durch diese Eigenschaften der folgenden Art näher stehend. Die Messungen von 500 gemischt aus verschiedenen Ortschaften des Landes stammenden Sporen ergaben folgende Längen- und Breitenvariationsreihen:

Sporenlänge:	15	16	**17**	18	19	20	21 μ	
	69	139	**148**	135	43	—	3	M = 16,77 μ

Sporenbreite:	14	**15**	16	17	18 μ	
	4	**276**	124	74	12	M = 15,30 μ

Lg/Br. = 1,09

In Abb. 2 (Kurven 4) sind auf Grund dieser Messungen die Variationskurven der Längen und Breiten dargestellt. Die Sporen sind kleiner als diejenigen der beiden vorher erwähnten Arten. Die Diagramme vergleichend, ist ersichtlich, daß die Kurven dieser hybridogenen Art gänzlich von anderen abweichend sind und der folgenden Art, *Tilletia foetens*, sich nähern. Die Größe der Sporen variiert in den verschiedenen Ortschaften, aber die häufigsten Werte sind diejenigen, welche wir in den Variationsreihen für 500 Sporen angegeben haben. Aus weiter unten angegebenen Ortschaften je 100 Sporen messend, stellten wir die folgenden Variationsreihen für jede Ortschaft auf:

Gem. Zamostea, Distrikt Storojinet

Sporenlänge:	15	16	17	**18**	19	20	21 μ	
	12	22	29	**47**	1	2	1	M = 17,11 μ

Sporenbreite:	14	**15**	16	17	18 μ	
	2	**54**	28	21	9	M = 15,83 μ

Lg/Br. = 1,08

Gem. Romancăuti, Distrikt Hotin

Sporenlänge:	15	16	**17**	18	19	20 μ	
	9	24	**41**	29	3	1 μ	M = 16,96 μ

Sporenbreite:	**15**	16	17 μ	
	62	31	14	M = 15,55 μ

Lg/Br. = 1,09

Gem. Cliscăuti, Distrikt Hotin

Sporenlänge:	15	16	17	**18**	19 μ	
	9	16	34	**44**	2	M = 17,13 μ

Sporenbreite:	14	**15**	16	17	18 μ	
	1	**38**	30	25	11	M = 16,06 μ

Lg/Br. = 1,06

Gem. Orăstie, Distrikt Hunedoara

Sporenlänge:	15	16	17	**18**	19	20	21 μ	
	9	17	35	**42**	3	—	1	M = 17,14 μ

Sporenbreite:	**15**	16	17	18 μ	
	50	33	19	3	M = 15,71 μ

Lg/Br. = 1,08

Aus diesen lokalen Messungen ist ersichtlich, daß die Durchschnittslänge der Sporen zwischen 16,96 μ und 17,14 μ schwankt, und daß die

häufigsten Längenmaße 18 μ betragen. Die Durchschnittsbreite schwankt zwischen 15,55 μ und 16,06 μ; die häufigsten Breitenmaße sind 15 μ. Das Verhältnis Länge : Breite schwankt zwischen 1,06 : 1,09.

Das Verdickungsnetz der Sporenmembran ist sehr fein mit einem Maschendurchmesser von 0,8—1,6 μ; die Zahl der auf der Sporenoberfläche befindlichen Maschen beträgt 96—240. Gaßner (7) fand an den Sporen des aus der Türkei stammenden Materiales bis 400 Maschen, was wir in Rumänien nicht gefunden haben. Die Höhe der Verdickungen ist sehr gering, 0,2—0,3 μ. Manchmal ist die Verdickung so fein, daß die Membran als gekörnt oder inkrustiert erscheint.

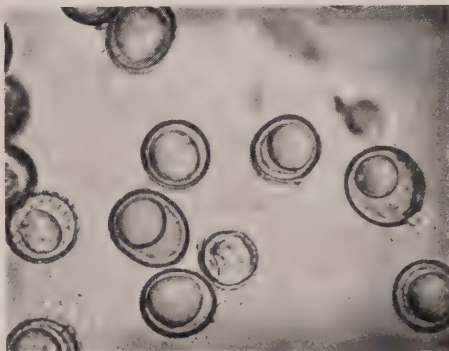


Abb. 6
Tilletia intermedia Gaßner
Brandsporen
Vergr. etwa 700 fach

Nach Form und Größe der Sporen erinnert diese heterozygote Art an *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

Hinsichtlich der Membranverdickungen steht die Art den anderen beiden vorher erwähnten nahe, jedoch die Feinheit der Netzmaschen, deren Zahl vier- bis fünfmal größer ist als bei den anderen Arten, sowie die Feinheit der niemals über 0,5 μ hohen Verdickungen trennt sie bestimmt von *Tilletia Tritici* und *Tilletia triticoides*. Bezüglich der Sporenform und deren Skulpturen vergleiche die schematische Abb. 3c und das Mikrolichtbild Abb. 6.

d) *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

Im Sommer 1939 gesammeltes Material. Die Sporenform verschieden: kugelförmig, fast kugelförmig, oval-elliptisch oder sogar zackig. Die Messungen von 500 gemischt aus verschiedenen Ortschaften des Landes stammenden Sporen ergaben folgende Längen- und Breitenvariationsreihen:

Sporenlänge:	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27 μ	M = 18,21 μ
	1	9	54	87	218	43	31	39	3	3	8	2	2	

Sporenbreite:	12	13	14	15	16	17	18 μ	M = 15,40 μ
	1	9	14	298	130	37	11	

Lg/Br. = 1,18

Die so großen Breiten- und namentlich Längenvariationen deuten auf die Variabilität der Sporenformen, und der hohe Wert des Verhältnisses Länge : Breite ist ein Beweis für das Vorherrschen der länglichen Formen (elliptische oder ovale) gegenüber den kugelförmigen oder fast kugelförmigen.

In Abb. 2 (Kurven 3) sind auf Grund dieser Messungen die Variationskurven der Längen und Breiten dargestellt; daraus ist ersichtlich, daß die Kurven der unmittelbar vorgehenden Art nahe stehen (daher auch die Formähnlichkeit und gänzlich verschieden und entfernt von *Tilletia Tritici* und *Tilletia triticoides* ist). Die Größe der Sporen variiert in den verschiedenen Ortschaften, jedoch entsprechen die häufigsten Werte denjenigen, welche wir in den Variationsreihen für 500 Sporen angegeben haben. Aus weiter unten angegebenen Ortschaften, je 100 Sporen messend, stellten wir folgende Variationsreihen für jede Ortschaft auf:

Gem. Bivolari, Distrikt Iasi

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\ \ 16\ \ 17\ \ \mathbf{18}\ \ 19\ \ 20\ \ 21\ \ 22\ \mu}{15\ \ 25\ \ 19\ \ \mathbf{34}\ \ 4\ \ 3\ \ 5\ \ 1}\ M=17{,}19\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{14\ \ \mathbf{15}\ \ 16\ \ 17\ \mu}{7\ \ \mathbf{67}\ \ 25\ \ 7}\ M=15{,}30\ \mu$$

Lg/B. = 1,12

Gem. Gloduri, Distrikt Bacău

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\ \ 16\ \ \mathbf{17}\ \ 18\ \ 19\ \ 20\ \ 21\ \ 22\ \mu}{16\ \ 18\ \ \mathbf{42}\ \ 7\ \ 10\ \ 4\ \ 4\ \ 1}\ M=17{,}88\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{13\ \ 14\ \ \mathbf{15}\ \ 16\ \ 17\ \mu}{1\ \ 8\ \ \mathbf{72}\ \ 17\ \ 6}\ M=15{,}33\ \mu$$

Lg/Br. = 1,16

Gem. Cuza Vodă, Distrikt Coeurlui

$$\text{Sporenlänge: } \frac{\mathbf{15}\ \ 16\ \ 17\ \ 18\ \mu}{\mathbf{47}\ \ 29\ \ 14\ \ 13}\ M=15{,}93\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{13\ \ 14\ \ \mathbf{15}\ \ 16\ \mu}{1\ \ 10\ \ \mathbf{91}\ \ 3}\ M=14{,}91\ \mu$$

Lg/Br. = 1,06

Gem. Alba Iulia, Distrikt Alba

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\ \ 16\ \ 17\ \ \mathbf{18}\ \ 19\ \ 20\ \ 21}{1\ \ 2\ \ 6\ \ \mathbf{37}\ \ 13\ \ 11\ \ 18}\ \frac{22\ \ 23\ \ 24\ \ 25\ \mu}{4\ \ 6\ \ 4\ \ 1}\ M=19{,}48\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{14\ \ \mathbf{15}\ \ 16\ \ 17\ \ 18\ \mu}{2\ \ \mathbf{46}\ \ 33\ \ 16\ \ 6}\ M=15{,}78\ \mu$$

Lg/Br. 1,23

Bucuresti, Distrikt Ilfov

$$\text{Sporenlänge: } \frac{15\ \ \mathbf{16}\ \ 17\ \ 18\ \ 19\ \mu}{25\ \ \mathbf{27}\ \ 26\ \ 23\ \ —}\ M=16{,}44\ \mu$$

$$\text{Sporenbreite: } \frac{14\ \ \mathbf{15}\ \ 16\ \ 17\ \mu}{1\ \ \mathbf{82}\ \ 14\ \ 4}\ M=15{,}20\ \mu$$

Lg/Br. = 1,08

Auch diese lokalen Messungen ergeben, daß die Durchschnittslänge der Sporen zwischen 15,93 μ und 19,48 μ schwankt und daß die häufigsten Längen 18 μ betragen, doch fanden wir auch Längen von 15, 16 und 17 μ. Die Durchschnittsbreite der Sporen variiert nach Ortschaften zwischen 14,91 μ und 15,78 μ, jedoch die allgemein gefundene Breite und diejenige der Teilmessungen ist 15 μ. Das sehr veränderliche Verhältnis Länge : Breite (1,06 : 1,23) deutet auf eine große Veränderlichkeit in der Sporenform dieser Art. Die Sporenmembran ist glatt, 0,6—0,8 μ dick, wie auch bei der vorhergehenden Hybridenart.

Hinsichtlich der Sporenform und der Membrandicke vergleiche die schematische Abb. 3d und das Mikrolichtbild Abb. 7.

Zusammenfassend können wir auf Grund unserer vergleichenden morphologischen Untersuchungen und der biometrischen Messungen vier deutlich getrennte und zu vier verschiedenen den Weizenstinkbrand in

Rumänien hervorbringenden *Tilletia*-Arten gehörenden Sporentypen unterscheiden, und zwar: *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter, *Tilletia triticoides* Săvul., *Tilletia intermedia* Gaßner und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. Diese vier Arten bilden eine Reihenfolge, deren Extreme einerseits die Art *Tilletia Tritici* mit kugelförmigen, mit hohen Netzleisten und mit großen und weniger zahlreichen Maschen verzierten Sporen, andererseits *Tilletia foetens* mit veränderlicher Form, aber immer glatthäutigen Sporen sind. Von den anderen zwei mittleren Arten steht *Tilletia triticoides* mit kugelförmigen Sporen und weitmaschigem, aber feinem Verdikkungsnetz der *Tilletia Tritici* näher, dagegen nähert sich *Tilletia intermedia* mit in der Größe veränderlichen Sporen, deren Membran mit feinen Ornamenten und zahlreichen Maschen versehen, der *Tilletia foetens*. Gaßner (7) hat experimentell bewiesen, daß *Tilletia Tritici forma intermedia* ein Hybrid zwischen *Tilletia Tritici* und *Tilletia foetens* darstellt. Laut Nomenklaturregeln muß dieser Hybrid folgendermaßen benannt werden: *Tilletia intermedia* Gaßner = *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter × *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel.

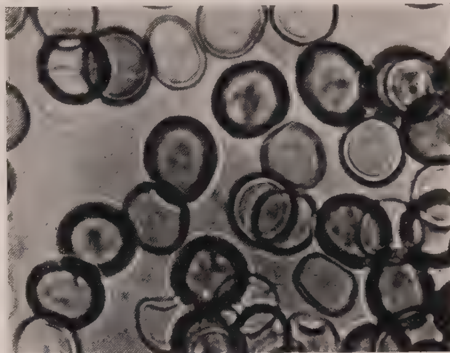


Abb. 7
Tilletia foetens (Berk. et Curt.) Trel.
Brandsporen
Vergr. etwa 700 fach

In der folgenden Tabelle bringen wir die hauptsächlichsten Unterscheidungsmerkmale der vier in Rumänien den Stinkbrand hervorbringenden *Tilletia*-Arten.

Art	Sporenform	Sporengröße M	Maschengröße	Zahl der Maschen	Netzleistenhöhe
Tilletia Tritici	kugelförmig fast kugelförmig	20,83 × 19,17 μ	2,40—6,64 μ	36—60	1,66—2 μ
Tilletia triticoides	idem	18,00 × 17,92 μ	2,40—5,80 μ	36—60	0,4—0,5 μ
Tilletia intermedia	kugelförmig fast kugelförmig elliptisch eiförmig	16,77 × 15,30 μ	0,8—1,6 μ	96—240	0,2 - 0,3 μ
Tilletia foetens	idem	18,21 × 15,40 μ	—	—	—

III. Die Virulenz der Sporen von *Tilletia triticoides* Săvul. im Vergleich mit denjenigen von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter und *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. Die Widerstandsfähigkeit der verschiedenen reinen Weizenlinien gegenüber *Tilletia triticoides*

Das im September 1939 zur Feststellung des Verbreitungsgebietes der *Tilletia*-Arten und deren Frequenz aus 81 Ortschaften, 154 Distrikten, gesammelte und untersuchte Material lieferte uns genügende Sporenmengen, um Infektionsversuche im Felde ausführen zu können. Dieselben wurden auf dem der landwirtschaftlichen Fakultät Bukarest gehörenden Landgute Băneasa mit einem als rotbrauner Waldboden benannten zonalen Bodentypus unternommen. Für jeden Versuch wurde eine 19 m große Fläche benutzt und jeder Versuch zweimal wiederholt. Das für die Versuche dienende Weizensortiment bestand aus folgenden sieben reinen Linien: Cenad 117, A 26, Odvos 241, Zemka, Cooperatorka, Bankut 1201 und Tigănesti 902. Das Weizensaatgut wurde vorher mittels Formol desinfiziert und die benutzten Instrumente nach jeder Versuchsreihe in Alkohol und Äther gewaschen.

Die so desinfizierten Weizenkörner wurden unter Berücksichtigung aller Sicherheitsmaßnahmen in Papiersäckchen mit einer entsprechenden Sporenmenge (4 g Sporen für 1 kg Weizensaat) wieder infiziert und jedes Weizenkorn einzeln mit der Hand in der Zeit vom 1. Oktober bis 10. Oktober ausgesät. Die Ernte fand Ende Juni 1940 statt. Alle auf einer Parzelle befindlichen Ähren wurden eingebracht, die kranken von den gesunden gesondert, gezählt und das Verhältnis zwischen gesunden und stinkbrandkranken Ähren festgestellt. Auf diese Weise konnten wir den Infektionsgrad (Virulenz) der einzelnen aus den verschiedenen Ortschaften stammenden Sporenarten an den verschiedenen zu unseren Versuchen benutzten reinen Weizenlinien bestimmen. In den Tabellen Seite 175—178 sind die Verhältniszahlen der kranken und gesunden Ähren für jede reine Linie, für jede Ortschaft und die Gesamtmittelwerte der Virulenz für jede Ortschaft angegeben.

Aus diesen Tabellen ist ersichtlich:

a) Alle reinen Linien des Sortimentes können von allen drei *Tilletia*-Arten verseucht werden.

b) *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. zeigt den höchsten Prozentsatz bei allen Weizensorten, dieses bezeugt auch hier ihren hohen Virulenzgrad. Den höchsten Prozentsatz findet man bei den aus der Oltenia (Distrikt Dolj, Gemeinde Radomir, 77,89 %) stammenden Sporen, und die empfindlichste Weizensorte war A 26. Auf Grund der Infektionsprozente der einzelnen Distrikte berechneten wir diejenigen der Provinzen und kamen zu folgender Klassifikation (S. 179):

Die Infektionsergebnisse mit von verschiedenen Orten stammenden Sporen von *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. auf einem aus 7 Sorten bestehenden Weizensortimente. 1908–1910

[illegible]	[illegible]							
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Muntenia								
Distrikt [illegible]								
1. Gem. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
2. „ Afumați	41.44	50.71	7.57	5.77	11.27	40.30	9.56	29.14
Distrikt [illegible]								
3. Gem. [illegible]	52.05	65.08	13.91	22.24	37.34	45.17	21.50	41.50
Distrikt Buzău								
4. Gem. Limpeziș	38.55	33.33	12.19	20	15.22	50	5.56	32.88
5. Lw. Kr. [illegible]	30.37	61.71	20	28.57	50	63.75	15.19	34.52
Distrikt R. Sărat								
6. Gem. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Distrikt [illegible]								
7. Gem. [illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
Distrikt Prahova								
8. Gem. Ciorani	50	31.65	14.00	9.56	33.34	38.00	7.92	34.50
Oltenia								
Distrikt Dolj								
9. Gem. [illegible]	40.34	77.80	28.57	45.57	54.63	52.78	12.86	[illegible]
Distrikt [illegible]								
10. Gem. [illegible]	55.40	70.37	23.77	30.18	30.37	11.43	6.98	34.25
Moldova								
Distrikt [illegible]								
11. Gem. [illegible]	38.30	57.00	25.89	41.24	21.98	33.34	23.36	33.55
Distrikt [illegible]								
12. Gem. Hudești	35.38	46.58	11.71	25.40	33.34	33.34	12.91	25.94
13. „ [illegible]	52.94	15.57	12.65	23.21	13.00	30.35	13.03	25.58
Distrikt [illegible]								
14. Gem. Todireni	58.73	35.42	0	33.89	11.77	32.87	12.78	26.78
Distrikt [illegible]								
15. Gem. Parincea	63.45	47.83	22.50	24.33	38.72	20.22	2.71	34.47
16. „ Răcăciuni	58.85	72.16	7.70	65.22	41.76	33.24	17.12	44.55
Distrikt [illegible]								
17. Gem. Miroslovești	50.00	58.74	16.51	33.80	34.14	25.82	14.31	35.87
Distrikt [illegible]								
18. Gem. Pungești	53.15	64.45	13.21	41.00	62.40	41.24	28.23	44.12
19. „ [illegible]	37.80	58.42	29.35	35.00	31.55	54.22	2.80	35.58
Basarabia								
Distrikt Bălți								
20. Gem. Cornești	40.45	44.45	25.00	27.35	13.41	15.80	21.43	30.33
21. „ [illegible]	20.00	47.25	15.85	22.50	29.17	—	9.52	25.05
Distrikt [illegible]								
22. Gem. Volintiri	8.00	37.12	11.12	16.44	41.48	30.55	35.30	21.38
23. Lw. Kr. [illegible]	25.75	57.31	11.43	14.43	12.50	15.86	31.48	25.25
Distrikt [illegible]								
24. Gem. Căinari	23.45	61.54	3.45	24.30	35.30	44.05	7.50	32.75
25. „ Comrat	13.83	67.75	10.10	6.05	13.10	29.55	12.50	19.05

Sporenherkunft	Prozent der vom Stinkbrand befallenen Ähren in dem Sortiment der benützten reinen Weizenlinien							
	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti	% Total
Distrikt Soroca								
26. Lw. Kr. Zgurita	29,61	63,59	11,30	16,82	16,22	31,58	12,65	31,45
Distrikt Cahul								
27. Gem. Filipeni	25,00	43,91	0,00	16,67	8,34	19,32	20,46	23,41
Distrikt Lăpussa								
28. Gem. Zberoaia.	28,25	47,23	11,12	29,63	30,53	40,33	27,15	31,98
29. „ Borodino	21,38	60,49	16,30	13,17	23,95	41,67	14,95	30,10
Dobrogea								
Distrikt Caliacra								
30. Gem. Cioban Cuius . . .	16.68	47,06	25,38	56,67	15,63	32,08	14,84	—
31. „ I. G. Duca	43,72	49,63	40,00	54,55	22,50	49,47	15,39	39,84
Distrikt Constanta								
32. Gem. Cogealac	38,34	25,20	5,00	32,50	12,23	30,01	4,35	22,84
33. „ Crucea	36,00	42,63	19,45	10,28	28,73	38,82	14,86	27.96
Bucovina								
Distrikt Suceava								
34. Gem. Scheia	29,12	43,98	16,35	7,15	31,49	42,28	14,92	28,28
Marmures								
Distrikt Satu Mare								
35. Lw. Kr. Halmeu	36,53	27,28	15,22	23,08	23,46	28,31	13,75	25,27
Crisana								
Distrikt Bihor								
36. Gem. Tilecus	53,84	70,63	33,34	67,25	30,40	38,58	16,95	49,43
Distrikt Arad								
37. Gem. Sebes	37,98	44,96	20,00	15,22	17,40	34,00	13,19	29,31
38. Lw. Kr. Ineu	42,56	56,03	16,99	47,83	24,77	51.22	24,96	40,60
Banat								
Distrikt Timis Torontal								
39. Gem. Sistarovăt	31,78	43,36	21,92	15,39	6,67	23,69	23,41	27,45
Distrikt Caras								
40. Lw. Kr. Bocsa	27,39	31.96	22,00	42,17	12,00	34,55	15,14	27,34
Distrikt Severin								
41. Gem. Ostrov	50,20	23,31	13,64	28,58	12,16	21,84	4,86	26,03
42. „ Jupalnic	65,61	36,61	8,70	39,48	22,00	31,54	8,85	35,34
Transilvania								
Distrikt Odorheiu								
43. Gem. Odorheiu	36,27	24,00	7,21	16,84	28,27	16,00	9,34	20,78
Distrikt Mures								
44. Gem. Râciu.	30,40	19,24	3,48	16,13	23,86	28,58	11,54	18,22
Distrikt Sibiu								
45. Gem. Rusi	43,71	40,39	18,75	35,30	25,72	24,71	0	30,45
Distrikt Hunedoara								
46. Lw. Kr. Ilio	54,75	35,44	0	25,93	14,52	16,93	1,74	27,14
Distrikt Târnava Mică								
47. Lw. Kr. Valea Lungă . .	45,20	65,28	2,86	18,87	22,69	30,36	15,96	36,34

Sporenherkunft	Prozent der vom Stinkbrand befallenen Ähren in dem Sortiment der benützten reinen Weizenlinien							
	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti	Total %
Distrikt Somes								
48. Gem. Gauban	50,00	35,53	8,48	27,95	38,00	22,23	8,70	30,17
Distrikt Alba								
49. Kreis Ocna Muresului . .	24,86	48,84	7,85	16,67	44,64	47,06	6,67	30,21
50. „ Teius	40,91	54,55	6,46	24,14	34,15	34,38	0	31,86
Distrikt Turda								
51. Lw. Kr. Câmpia Turzei .	40,00	45,27	4,50	16,33	17,35	15,85	13,10	23,70
Distrikt Cluj								
52. Gem. Petrind	54,22	54,27	18,52	22,83	25,59	28,31	14,29	35,93
53. „ Gădălin	35,29	33,73	25,00	48,58	46,37	34,89	12,40	33,24

Die Infektionsergebnisse mit aus verschiedenen Ortschaften stammenden Sporen von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter auf einem aus 7 Sorten bestehenden Weizensortimente. 1939—1940

Sporenherkunft	Prozent der vom Stinkbrand befallenen Ähren in dem Sortiment der benützten reinen Weizenlinien							
	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti	Total %
Muntenia								
Distrikt Teleorman								
1. Gem. Râioasa	34,03	15,60	21,88	14,59	22,23	14,16	8,52	19,62
Distrikt Vlasca								
2. Gem. Răsmiresti	17,73	32,85	10,13	6,19	10,35	9,85	7,83	14,27
3. „ Naipu	10,75	5,23	2,36	2,41	3,49	1,59	0	5,10
Distrikt Olt								
4. Gem. Potcoava	3,58	23,30	5,48	18,48	18,19	4,95	5,50	13,10
Oltenia								
Distrikt Dolj								
5. Gem. Cârcea	3,71	17,27	1,86	0,99	5,56	0	0	3,84
6. Lw. Kr. Plenita	16,95	18,59	1,82	19,48	0	5,50	3,04	11,66
7. „ „ Brabora	3,72	23,46	5,16	18,75	0	0,87	6,14	7,91
Distrikt Mehedinti								
8. Gem. Stircovita	1,50	1,99	3,13	0	0	0	1,24	1,90
9. „ Vânju Mare . . .	1,39	3,93	0	1,07	0	0	0	0,39
Distrikt Romanati								
10. Gem. Visina Veche . . .	0,75	5,75	4,60	0	0	2,58	3,74	3,86
Moldova								
Distrikt Baia								
11. Gem. Stolniceni	7,98	14,94	3,28	10,61	0	0	1,63	7,08
Transilvania								
Distrikt Hunedoara								
12. Gem. Baia de Cris . . .	6,40	29,12	2,06	9,22	0	4,25	7,70	13,95

Die Infektionsergebnisse mit aus verschiedenen Ortschaften stammenden Sporen von *Tilletia triticoides* Săvul. auf einem aus 7 Sorten bestehenden Weizensortimente. 1939—1940

Sporenherkunft	Prozent der vom Stinkbrand befallenen Ähren in dem Sortiment der benutzten reinen Weizenlinien							
	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti	% Total
Banat								
Distrikt Severin								
1. Gem. Ostrov	20,95	69,57	5,89	36.37	20,00	32,07	9,41	32,72
Moldova								
Distrikt Dorohoiu								
2. Gem. Săveni	47,81	19,42	3,30	37,67	7,62	6,98	2,82	19,93
3. „ Grămesti	24,12	22,14	12,77	38,89	9,10	39,22	14,09	21,09
Besarabia								
Distrikt Bălti								
4. Gem. Nicoreni	40,67	30,28	25,33	42,43	19,28	41,25	15,31	31,26
Distrikt Soroca								
5. Gem. Târnova	56,59	41,59	15,60	41,38	28,77	34,70	13,49	35,82
Bucovina								
Distrikt Suceava								
6. Gem. Cajvana	50,70	24,85	16,85	24,40	13,69	18,37	13,18	27,52
Distrikt Storojinet								
7. Gem. Petriceni	33,80	26,58	18,36	17,18	13,06	22,23	20,78	21,71
Transilvania								
Distrikt Sibiu								
8. Gem. Tâlmaciu	50,00	53,41	16,00	15,59	23,69	42,21	28,08	26,65
Distrikt Cluj								
9. Gem. Buteni	28,58	42,63	8,70	6,00	0	25,36	11,60	22,84
10. „ Petrind	36,96	57,15	2,71	31,25	11,95	48,65	18,71	33,84
Distrikt Târnava Mare								
11. Lw. Kr. Agnita	34,93	45,04	7,00	18,52	26,52	35,72	11,68	28,05
12. „ „ Sighisoara	30,93	51,20	9,29	26,48	18,75	22,37	8,70	23,86
Distrikt Somes								
13. Gem. Gauban	28,23	56,58	13,34	16,00	7,36	38,78	12,82	27,61
Distrikt Odorheiu								
14. Ldw. Kr. I. G. Duca	53,71	63,50	9,42	20,00	14,52	48,22	10,00	39,97
Distrikt Năsăud								
15. Gem. Rusul Bârg	38,40	55,74	38,89	21,63	12,73	17,47	9,34	28,12

Oltenia 43,92 %, Crisana 38,15 %, Moldau 35,33 %, Dobrogea 30,06 %, Muntenia 29,49 %, Banat 25,30 %, Siebenbürgen 25,13 %, Bukowina 25,05 %, Bessarabien 24,55 % und Maramures 22,51 %.

Von den zu unseren Versuchen benutzten Weizenlinien war die Sorte A. 26 am stärksten befallen:

Gem. Dobreni, Distr. Ilfov, 71,26 %; Gem. Seceleanu, Distr. Ialomita, 70,91 %; Gem. Radomir, Distr. Dolj, 77,89 %; Gem. Comrat, Distr. Tighina, 67,75 %; Gem. Valea Lungă, Distr. Târnava Mare, 65,28 %.

Das Verhalten der einzelnen Weizensorten ist aus der folgenden Tabelle ersichtlich, wo die Prozentsätze der Infektionen nach Provinzen (Sporenherkunft) und für Rumänien die Mittelwerte der Infektionen für jede Weizensorte angegeben sind.

Provinz	Cenad 117	A 26	Odvos 241	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti	Total %
Muntenia	44,12	55,08	11,34	17,82	24,94	36,53	16,61	29,49
Moldova	64,32	50,95	15,15	39,66	28,27	33,79	16,30	35,33
Oltenia	52,37	74,13	25,37	37,86	46,93	62,10	8,70	43,92
Basarabia	25,00	53,17	10,83	18,73	21,23	25,32	17,58	24,55
Dobrogea	33,68	41,12	22,45	38,50	19,77	42,59	12,35	30,06
Bucovina	29,12	43,98	16,35	7,15	31,49	42,28	14,92	25,05
Maramures	36,53	27,28	15,22	23,08	23,46	28,31	13,75	22,51
Crisana	46,90	60,56	25,91	49,38	25,74	40,59	18,01	38,15
Banat	39,19	35,09	18,36	30,53	11,91	28,31	15,13	25,50
Transilvania	41,99	40,09	8,24	23,77	27,30	25,58	8,94	25,13
Landesmittelwert	41,32	48,14	16,92	28,64	26,10	36,54	14,22	29,94

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, daß die Weizensorte A. 26 gegenüber *Tilletia foetens* am empfindlichsten ist mit einem Durchschnittsprozentsatz der Infektion pro Land von 48,14 %, einem Minimum von 27,28 % mit aus Maramures und einem Maximum von 74,13 % mit aus der Oltenia stammenden Sporen.

Dieser Weizensorte folgt Cenad 117 mit einem Mittelwert pro Land von 41,32 %, die Minimalinfektion (25,00 %) ergaben die aus Bessarabien stammenden Sporen und das Maximum (52,37 %) diejenigen aus der Oltenia. Fast gleich empfindlich ist auch die Weizensorte Bankut 1201 mit einem Landesmittelwert von 36,54 %; die größte Empfindlichkeit zeigte die Sorte gegenüber den aus der Oltenia stammenden Sporen (62,10 %) und den größten Widerstand gegenüber denjenigen aus Bessarabien (25,32 %).

Auf mittlerer Stufe mit fast gleichen Prozentsätzen der Infektion stehen Zemka mit 28,64 % und Cooperatorka mit 26,10 %. Die beiden Weizensorten hatten fast parallele Infektionswerte für alle Provinzen des

Landes. Großen Widerstand zeigt die Weizensorte Odvos 241 mit einem Mittelwert der Infektion pro Land von 16,92 %; das Maximum von 25,91 % fanden wir bei den aus der Provinz Crisana stammenden Sporen und das Minimum von 8,24 % bei denjenigen Siebenbürgens. Die Sorte Tigănesti 902, mit einem Prozentsatz der Infektion für das ganze Land von 14,22 %, einem Maximum von 18,01 % (Sporen der Provinz Crisana), einem Minimum von 8,70 % (Sporen der Provinz Oltenia), erwies sich als widerstandsfähigste Weizensorte.

c) *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter. Die Versuche wurden mit Sporen aus vier verschiedenen Provinzen und mit folgenden Infektionsprozenten unternommen: Muntenia 12,76 %, Siebenbürgen 8,39 %, Moldau 5,49 % und Oltenia 3,55 %. Wie aus der weiter unten angegebenen Tabelle ersichtlich ist, sind die Infektionen mit *Tilletia Tritici* viel schwächer als diejenigen mit *Tilletia foetens*, und bei einigen Infektionen mit aus der Oltenia und der Moldau (Distr. Baia) stammenden Sporen waren die Ergebnisse namentlich für die Weizensorten Bankut 1201 und Cooperatorka ohne Erfolg.

Von den Weizenlinien dieser Versuchsreihe zeigte die Sorte A. 26 die größte Empfindlichkeit, und zwar 51,74 % mit Sporen aus der Gemeinde Băneasa und 32,85 % mit Sporen aus der Gemeinde Răsmiresti (Distr. Vlasca); der Prozentsatz für ganz Rumänien beträgt 20,19 %.

Aus folgender Tabelle sind vergleichend die Prozentsätze der Infektionsempfindlichkeit der verschiedenen Weizensorten in den einzelnen Provinzen angegeben:

Provinz	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Cooperatorka	Bankut 1201	Tigănesti	Total %
Muntenia	16,11	27,24	10,06	10,33	13,04	11,34	9,42	12,76
Oltenia	3,43	9,49	3,55	4,71	1,85	1,63	2,68	3,55
Moldova	7,98	14,94	3,28	10,61	0	0,	1,63	5,49
Transilvania	6,40	29,12	2,06	9,22	0	4,25	7,70	8,39
Landesmittelwert	8,48	20,19	4,73	8,71	3,72	4,30	5,36	7,54

Das Sortensortiment kann auf Grund der Angaben dieser Tabelle folgendermaßen eingeteilt werden: A. 26, Zemka, Cenad 117, Tigănesti 902, Odvos 241, Bankut 1201 und Cooperatorka; letztere ist am widerständigsten.

d) *Tilletia triticoides* Săvul. Die Versuche wurden mit Sporen aus fünf verschiedenen Provinzen Rumäniens unternommen. Der Infektionsprozentsatz ist bei dieser Art höher als bei *Tilletia Tritici*, jedoch niedriger als bei *Tilletia foetens*, welche die größte Virulenz besitzt. Nur in

einem Falle, bei der mit Sporen aus der Gemeinde Busteni (Distr. Cluj) infizierten Weizensorte Cooperatorka, fand bei *Tilletia triticoides* keine Infektion statt.

Die aus den verschiedenen Provinzen stammenden Sporen zeigten folgenden Infektionsgrad: Bessarabien 31,90 %, Siebenbürgen 27,65 %; Oltenia 27,46 %; Bukowina 22,44 %, Moldau 20,42 %.

Von den Weizenlinien dieser Versuchsreihen war die Sorte A. 26 am empfindlichsten mit einem Maximum von 69,57 %, verursacht durch aus der Oltenia stammende Sporen, und einem Minimum von 20,78 % mit Sporen aus der Moldau. Der Durchschnittswert für ganz Rumänien beträgt 41,30 %. Eine ähnliche Empfindlichkeit zeigt auch die Sorte Cenad 117, und der größte Widerstand konnte bei der Sorte Tiganesti 902 festgestellt werden, deren Durchschnittswert für Rumänien 12,70 % beträgt.

In folgender Tabelle sind vergleichend die Prozentsätze der Infektionsempfindlichkeit der verschiedenen Weizensorten in den einzelnen Provinzen angegeben.

Provinz	Cenad 117	A. 26	Odvos 241	Zemka	Cooperatorka	Bankut 1201	Tigănesti	% Total
Oltenia	20,95	69,57	5,89	36,37	20,00	32,07	9,41	27,46
Moldova	35,96	20,78	8,53	38,23	8,36	23,50	8,45	20,42
$Basarabia_2$	48,63	35,93	20,46	41,90	24,02	37,97	14,40	31,90
Bucovina	42,25	25,71	17,60	20,79	13,37	20,30	16,98	22,44
Transilvania	39,36	54,54	36,91	19,05	15,48	35,46	14,26	27,65
Landesmittelwert	37,43	41,30	17,87	31,26	16,24	29,86	12,70	25,97

Das Sortensortiment kann auf Grund der Angaben dieser Tabelle hinsichtlich des Widerstandes gegen *Tilletia triticoides*-Infektionen folgendermaßen eingeteilt werden: A. 26, Cenad 117, Zemka, Bankut 1201, Odvos 241, Cooperatorka, Tigänesti 902, letztere zeigte den höchsten Widerstand.

Hiermit ist erwiesen, daß die Weizensorten des zu unseren Versuchen angewandten Sortimentes sich hinsichtlich der Virulenz und des Angriffes der vier *Tilletia*-Arten verschieden verhalten und ebenso die Weizensorten ihrerseits verschieden gegenüber diesen Pilzarten rückwirken.

In weiteren Versuchen, das Weizensortiment vergrößernd, werden wir vergleichend den Spezialisierungsgrad der einzelnen vier in Rumänien vorkommenden *Tilletia*-Arten verfolgen, jedoch beweisen auch die in diesem Jahre ausgeführten Versuche das Vorhandensein verschiedener biologischer Typenkomplexe.

IV. Die genetische Natur und der systematische Wert der Art *Tilletia triticoides* Săvul.

Wie bereits im ersten Abschnitt dieser Arbeit erwähnt, ist *Tilletia triticoides* in Rumänien sehr verbreitet, und wir sind überzeugt, daß dieselbe auch in anderen Gebieten oder Ländern mit der leicht zu verwechselnden und auch tatsächlich verwechselten *Tilletia Tritici* vermengt vorkommt. Der Ursprung dieses *Tilletia*-Typus und dessen systematischer Wert waren die uns gestellten Fragen, welche zu beantworten wir uns vornahmen, als wir überzeugt waren, daß dieser neue Typus im Vergleich mit den anderen bekannten Arten sich morphologisch, biometrisch und physiologisch verschieden verhält und sehr leicht von *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter getrennt werden kann. Wie erwähnt, wurde *Tilletia triticoides* Săvul. in 25 Distrikten nicht in Gesellschaft mit *Tilletia Tritici* gefunden, dieses deutet gleich anfangs auf eine genetische Selbständigkeit gegenüber *Tilletia Tritici*. Das Verbreitungsgebiet läßt deutlich erkennen, daß *Tilletia Tritici* durch *Tilletia triticoides* ersetzt wird, daß letztere sich als selbständige Art verhält, jedoch überall in Gesellschaft mit *Tilletia foetens* anzutreffen ist und in 13 Distrikten sogar in derselben Ähre, nur in verschiedenen Samen zu verzeichnen war.

Diese Ortschaften sind: Losna, Sendriceni, Hudesti, Valea Câmpului, Văculesti und Dersca im Distrikt Dorohoiu, Miroslăvesti im Distrikt Baia, Copalnic-Mănăstur im Distrikt Satu-Mare, Cornesti (Distr. Maramures), Drighiu (Distr. Sălaj), Rusi (Distr. Sibiu), Ilioi (Distr. Hunedoara). Niemals haben wir *Tilletia triticoides* zusammen mit *Tilletia Tritici* gefunden. Diese Ergebnisse allein sind nicht hinreichend, den Ursprung der Art *Tilletia triticoides* zu erklären, um so mehr, als die von Hanna (9) bewiesene Tatsache bekannt ist, daß die Kreuzungen *Tilletia Tritici* × *Tilletia foetens* Hybriden mit *foetens*-ähnlichem Ansehen ergeben. Dies bedeutet, wenn bei uns in derselben Ähre sowohl *Tilletia foetens* als auch *Tilletia triticoides* zu finden ist, daß potentiell (recessiv) in derselben Ähre auch *Tilletia Tritici* hätte sein müssen, angenommen, daß *Tilletia triticoides* als eine aus Kreuzung entstandene Art angesehen wird. Die Angaben von Hanna erschweren die Deutung der genetischen Natur des von uns als *Tilletia triticoides* benannten Stinkbranderregers, wenn wir uns nur auf Beobachtungen und Feststellungen in der Natur beschränken würden. Nur die Verfolgung der Nachkommen der elterlichen vermuteten gekreuzten Arten sowie die eventuellen Aufspaltungen der „Kreuzungsart" könnten eine endgültige Lösung des Problems bringen.

Diesbezüglich wurden zwei Versuchsreihen angestellt.

a) Infektionsversuche mit einer sehr empfindlichen Weizensorte und einem Gemisch von *Tilletia Tritici*- und *Tilletia foetens*-Sporen. In den Parzellen mit stinkbrandigen Ähren wurde die gebildete Sporenart verfolgt.

b) Infektionsversuche mit einem Weizenliniensortiment und mit Sporen der als Hybrid vermuteten *Tilletia triticoides*. Verfolgt wurde, ob in den stinkbrandigen Ähren nicht Sporen der elterlichen Arten durch Aufspaltungen der als Hybrid vermuteten Art entstanden sind. Zu diesen Versuchen benützten wir die sich für alle drei *Tilletia*-Arten sehr empfindlich zeigende Weizensorte A. 26. Es wurde in zwei Wiederholungen je ein Quadratmeter besät. Die Versuche wurden im Felde der Gutswirtschaft Băneasa der landwirtschaftlichen Fakultät Bukarest ausgeführt. Die angewandte Sporenmenge war dieselbe (4 g für 1 kg Weizen) wie bei den anderen Versuchsreihen, und zur Infektion wurden aus der Gemeinde Stircovita (Distr. Mehedinti) stammende *Tilletia Tritici*-Sporen sowie aus der Gemeinde Cusmir (Distr. Hunedoara) stammende *Tilletia foetens*-Sporen benutzt. Der Weizen wurde am 10. Oktober 1939, und zwar jedes Korn einzeln mit der Hand ausgesät, unter Rücksichtnahme aller Vorsichtsmaßregeln, um eine Vermischung der Sporen zu verhindern. Geerntet wurde am 29. Juli 1940.

Für die erste Versuchsreihe wurden die Infektionen mit einem Gemisch zu gleichen Teilen von Sporen oben erwähnter Herkunft vorgenommen. Nach der Ernte wurden die Ähren gezählt, die stinkbrandigen von den gesunden getrennt und die befallenen Körner mikroskopisch untersucht. Das Ergebnis zeigte, daß von den 275 geernteten Ähren 197 gesund und 78 stinkbrandig waren, von letzteren 46 ausschließlich von *Tilletia foetens* und 32 ausschließlich von *Tilletia Tritici* befallen. Beide zu Infektionszwecken benutzten *Tilletia*-Arten blieben in der Nachkommenschaft rein, mit einem etwas höheren Prozentsatz aber für *Tilletia foetens*. Sporen von *Tilletia triticoides* sind in keiner einzigen Ähre nachgewiesen worden. Diese Ergebnisse bekräftigen unsere Ansicht, daß *Tilletia triticoides* genetisch, gegenüber den anderen zwei bekannten Arten, als eine selbständige Art anzusehen ist.

Um noch besser die genetische Selbständigkeit unseres Typus und seinen systematischen Wert feststellen zu können, untersuchten wir in einer zweiten Versuchsreihe, ob phänotypische Trennungen entstehen, wenn wir den Weizen ausschließlich mit Sporen von *Tilletia triticoides* infizieren. Wenn diese Art ein Heterozygot wäre, müßten unter den Nachkommen bestimmt Trennungserscheinungen auftreten und Individuen erscheinen, deren Eigenschaften den Arten, von welchen sie abstammen, gleichen.

Das Verfahren war wie bei der ersten Versuchsreihe. Die Sporen stammten aus 14 Ortschaften von 12 Distrikten; infiziert wurde ein Sortiment von 7 reinen Weizenlinien wie auch bei den anderen Versuchen. Die Aussaat in zweimaliger Wiederholung auf Parzellen von 1 qm fing am 19. Oktober 1939 an und endigte am 10. November 1940, jedes Weizen-

korn wurde einzeln ausgesät. Die Ergebnisse dieser Versuche sind in folgender Tabelle aufgezeichnet.

Tabelle der Ergebnisse mit Sporeninfektionen von *Tilletia triticoides* und einem aus 7 Sorten bestehenden Weizensortimente

Ortschaft	Cenad 117	A. 26	Odvos	Zemka	Coopera-torka	Bankut 1201	Tigănesti 902	Total
Banat								
Distrikt Severin								
Gem. Ostrov	79	277	2	36	44	83	22	543
Moldova								
Distrikt Dorohoiu								
Gem. Grămesti	47	57	29	52	18	40	20	263
„ Săveni	141	55	3	42	16	6	8	271
Basarabia								
Distrikt Bălti								
Gem. Nicoreni	114	66	46	84	32	66	30	438
Distrikt Soroca								
Gem. Târnova	115	84	16	66	42	33	24	380
Bucovina								
Distrikt Suceava								
Gem. Cajvan	141	42	16	3	26	14	34	276
Distrikt Storojinet								
Gem. Petriceni	69	75	31	31	30	40	44	320
Transilvania								
Distrikt Sibiu								
Gem. Tălmaciu	131	203	32	16	54	91	44	371
Distrikt Cluj								
Gem. Buteni	72	103	10	23	0	36	16	260
„ Petrind	97	113	2	31	16	36	30	325
Distrikt Târnava Mare								
Lw. Kr. Agnita	36	118	12	6	44	50	10	276
Sighisoara	39	127	24	15	30	34	16	285
Distrikt Somes								
Gem. Gauban	41	164	31	12	10	68	26	292
Distrikt Odorheiu								
Lw. Kr. I. G. Duca	51	246	17	15	18	53	12	412
Distrikt Năsăud								
Gem. Rusul Bârg	93	64	14	16	14	22	14	237

Die mikroskopische Untersuchung ergab, daß die geernteten Ähren nur von *Tilletia triticoides* befallen waren, also keine Trennung der Eigenschaften stattgefunden hat. Folglich, zum Unterschiede von *Tilletia intermedia* Gaßner, welche, gestützt auf das Ansehen dieses hervorragenden Phytopathologen, als eine Kreuzung zwischen *Tilletia Tritici* und *Tilletia foetens* angesehen wird, ist unsere *Tilletia triticoides* kein Hybrid. Die Hypothese einer hybridogenen Natur muß folglich wegfallen. Die morphologische und biometrische Beständigkeit, die eigenartige physiologische

Reaktion im Vergleich zu den beiden anderen Arten berechtigt uns, sie als eine selbständige, gut unterscheidbare Art anzusehen, obwohl sie leicht mit *Tilletia Tritici* verwechselt werden kann; wie dieses auch vorgekommen ist.

Zusammenfassung

1. Der Weizenstinkbrand wird in Rumänien von vier *Tilletia*-Arten hervorgebracht, und zwar: *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel., *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter, *Tilletia triticoides* Săvul. und *Tilletia intermedia* Gaßner (= *Tilletia foetens* × *Tilletia Tritici*).

2. *Tilletia foetens* (Berk. et Curt.) Trel. ist die häufigste und verbreitetste Art in Rumänien, es folgt dann *Tilletia triticoides* Săvul., an dritter Stelle kommt *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter, und *Tilletia intermedia* Gaßner ist nur sporadisch.

3. *Tilletia triticoides* Săvul. kommt in Gesellschaft mit *Tilletia foetens* in denselben Ortschaften vor, manchmal sogar in derselben Ähre, doch auf verschiedenen Körnern. Wir fanden dieselbe nicht in Gesellschaft mit *Tilletia Tritici* (Bjerk.) Winter. *Tilletia intermedia* Gaßner kommt in Rumänien sowie in der Türkei, wie Gaßner es erwähnt, gemeinschaftlich mit den beiden anderen bekannten Arten vor.

4. Die unterscheidenden morphologischen und biometrischen Eigenschaften sind deutlich; ebenfalls ist der Virulenzgrad bei den einzelnen Arten verschieden und jeder Art charakteristisch.

5. *Tilletia triticoides* Săvul. besitzt nicht die Eigenschaften eines Kreuzungsproduktes zwischen *Tilletia Tritici* und *Tilletia foetens*, auch zeigen sich keine Trennungserscheinungen bei den Nachkommen. *Tilletia triticoides* ist eine homozygote Art, der *Tilletia Tritici* sehr ähnlich, mit welcher letzteren sie sehr leicht verwechselt werden kann, ist aber trotzdem der Beständigkeit der Eigenschaften wegen als eine selbständige Art anzusehen.

6. Das große Verbreitungsgebiet der *Tilletia triticoides* Săvul. in Betracht ziehend ist ersichtlich, daß dieselbe im südlichen Teile *Tilletia Tritici* ersetzt, und nach unserer Ansicht könnte sie eine der Eltern (nicht aber *Tilletia Tritici*) der *Tilletia intermedia* Gaßner sein. Dieses müßte aber experimentell bewiesen werden.

Literaturverzeichnis

1 Atanasoff, D. Cereal Smuts in Bulgaria.

2 Barrus, F., Mortier. Observations on the pathological morphology of stinking of Wheat. Phytopathology, VI, 1. 1916.

3 Bonne, C. Untersuchungen über den Steinbrand des Weizens. — Angew. Bot. XIII. 169—209, 1931.

4 Crépin, Ch., Bustarret, J., Chevallier, R. Le problème de la création de blés résistants à la carie. — Ann. des Epiphyties et Phytogénétique, III. fasc. 3. 1937.

5 Flor, H. H. Studies on physiologic specialization in *Tilletia Tritici* and *Tilletia levis* in the Pacific Northwest. — Journ. of Agric. Res. XLVII. 4. 193—213, 1933.

6 Gaßner, G. Untersuchungen über Keimgeschwindigkeit und Infektionsvermögen verschiedener Stämme von *Tilletia foetens* und *Tilletia Tritici.* — Phytopathologische Zeitschrift XI. 5. 489, 1938.

7 Gaßner, G. Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia Tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. — Ibid. 469—487, 1938.

8 Gieseke, A. Untersuchungen über das Verhalten von Winterweizen bei künstlicher Infektion mit Steinbrand *(Tilletia Tritici).* — Zeitschr. f. Pflanzenzüchtung. XIV. 311—363, 1929.

9 Hanna, W. F. The Physiology of the Fungi causing Bunt of Wheat. — Proc. fifth Pacif. sci. Congr. S. 3195—3204, 1934 (Ref. in The Review of Applied Mycology. XIV. 7. 432, 1935).

10 Holton, C. S. Studies on seven differentiating characteristics of *Tilletia Tritici.* Phytopathology. XXV. 1091—1098, 1935.

11 Malcoff. Untersuchungen über verschiedene Pflanzenkrankheiten. — Arb. d. Staatl. Landw. Versuchsanst. Sadowa 54, 1907.

12 Mitra, M. Stinking smut (bunt) of Wheat with special referance in *Tilletia indica* Mitra. — Ind. Journ. Agr. Sci. V. 1—24, 1935 (Ref. in The Review of Applied Mycology, XV. 1. 7. 1936).

13 Nagorny, P. I. Die kaukasischen Arten der Gattung *Tilletia* Tul. — Mon. du Jardin Bot. de Tiflis, 1927.

14 Roemer, Th. Gibt es biologische Typen von Steinbrand *(Tilletia Tritici)* des Weizens? — Kühn-Archiv, XIX. 1—10, 1928.

15 Roemer, Th., und Bartholly, R. Die Aggressivität verschiedener „Steinbrandherkünfte" *(Tilletia Tritici* [Bjerk.] Winter) und ihre Veränderung durch die Wirtssorte. — Phytopathologische Zeitschr. VI. 469—506. 1933.

16 Sartoris, B. J. Studies in the life history and physiology of certain smuts. — Americ. Journ. of Botany. XI. 10. 1924.

17 Sandu-Ville, C. Contrib. à l'étude de la carie du blé en Roumanie. — Ann. Inst. de Recherches agron. de Roumanie. VI. 469—506. 1933.

18 Sandu-Ville, C. L'intensité d'infections avec la carie du blé par rapport à la quantité des spores et aux moyens de la combattre. — Bull. Soc. Rom. de Stiinte, Sect. St. Agric.-No. 1. 1939.

19 Săvulescu, Tr. Curs de Patologie vegetală, 1923.

20 Săvulescu, Tr. Mălura grâului si combaterea sa, 1928.

21 Săvulescu, Tr. Starea fitosanitară a culturelor din România 1928—1932. Publ. Inst. Cerc. Agron. al României.

22 Săvulescu, Tr., und die Mitarbeiter. Starea fitosanitară a culturelor din România. 1932—1940, Ibid.

23 Săvulescu, Tr. Contributions à la connaissance des Ustilaginacées de Roumanie. — Ann. Inst. de Recherches agron. de Roumanie. VII. 1936.

24 Săvulescu, Tr., si Sandu-Ville, C. Incercări pentru stabilirea raselor fiziologice la cele două specii de *Tilletia* ce produc mălura grâului în România. — Ann. Inst. de Recherches agron. de Roumanie. X. 1939.

25 Straib, W. Untersuchungen über die Ursache verschiedener Sortenanfälligkeit des Weizens gegen Steinbrand. — Pflanzenbau IV. 1927/1928.

26 Sydow, H. P., und Butler, E. J. Fungi Indiae orientalis, Pars IV. — Ann. Myc. X. 243—280, 1912.

27 Tisdale, Leighty and Boerner. A study of the distribution of *Tilletia Tritici* and *Tilletia levis*. — Phytopathology, XVII, 167—174, 1927.

28 Zillig, H. Ustilaginales in Sorauer's Handbuch der Pflanzenkrankheiten Bd. III, 2. Teil, 5. Aufl., 134—285, 1932.

Aus dem Institut für spezielle Botanik
der Eidg. Technischen Hochschule in Zürich

Über den Fuchsien-Rost

Von

Ernst Gäumann

Auf der Gartenfuchsie, *Fuchsia splendens* Zucc., und den verwandten Arten, tritt fast über die ganze Erde gelegentlich ein Rost auf, dessen Entwicklungsgang und systematische Zugehörigkeit bis jetzt unsicher blieben. Er ist meist auf die Gewächshäuser beschränkt und richtet dort unter Umständen, so an der englischen Westküste (Smith und Rees, 1931) erheblichen Schaden an. Cooke (1885) nannte ihn ursprünglich, auf Grund von neuseeländischem Material, *Coleosporium fuchsiae* Cke. Später beschrieben Arthur und Holway (1918) aus Guatemala eine *Uredo fuchsiae* n. sp., die dann von Hiratsuka (1927) als *Pucciniastrum fuchsiae* in die Gattung *Pucciniastrum* gestellt wurde. Soweit sich auf Grund der Beschreibungen urteilen läßt, hat in beiden Fällen derselbe Pilz vorgelegen.

Arthur (1934, S. 391) vermutet, daß es sich um einen tropischen Pilz handle, der sich in unseren Gewächshäusern zu halten vermöge. Man fragt sich, ob das zutreffen kann. Er findet sich ja in Mitteleuropa immer wieder sprunghaft in den Gewächshäusern und bildet doch nie Teleutosporen (weil die infizierten Blätter vorzeitig abfallen), so daß er seinen Entwicklungsgang nie vollendet. Wie kann er gerade auf Fuchsien, die jeder Gärtner durch Stecklinge vermehrt, derart sporadisch verschleppt werden? Könnte es nicht vielleicht so liegen, daß er von einer unserer einheimischen Pflanzen aus die Fuchsien stets neu befällt? Einen ähnlichen Fall haben wir ja beim Erica-Rost *Thekopsora Fischeri* Cruch. (*Pucciniastrum ericae* Cumm.), der nach unveröffentlichten Versuchen des Verfassers von der wildwachsenden *Calluna vulgaris* auf *Erica gracilis* Salisb. und andere gärtnerisch kultivierte *Erica*-Arten übergeht.

Unter den einheimischen Rosten können auf Grund der morphologischen Verhältnisse der Uredolager und der Uredosporen nur die Gattungen *Cronartium* und *Pucciniastrum* in Frage kommen. Wenn es sich um ein *Cronartium* handeln sollte, so wäre an das *Cronartium asclepiadeum*

(Willd.) Fr. zu denken, das *Paeonia-*, *Vincetoxicum-*, *Impatiens-* usw. Arten befällt und äußerst sprunghaft plurivor ist. Sollte dagegen ein *Pucciniastrum* vorliegen, so wäre in erster Linie das *Pucciniastrum epilobii* (Pers.) Otth in Erwägung zu ziehen; dieser Pilz zerfällt in mindestens zwei biologische Arten, von denen die eine, die f. sp. *abieti-chamaenerii* Klebahn (1899), scharf auf *Epilobium angustifolium* L. und *Epilobium Dodonaei* Vill. spezialisiert ist, während die andere, die f. sp. *palustris* Gäumann (1941), sehr multivor ist und sich weder an die Sektions- noch an die Gattungsgrenzen hält, sondern auf *Epilobium adenocaulon* Haussk., *Ep. alpestre* (Jacq.) Krock., *Ep. alpinum* L., *Ep. alsinifolium* Vill., *Ep. amplectens* Benth., *Ep. collinum* Gmel., *Ep. Dodonaei* Vill. (die somit ein Sammelwirt für beide formae speciales ist), *Ep. Duriaei* Gay., *Ep. Fleischeri* Hochstr., *Ep. glandulosum* Lehm., *Ep. hirsutum* L., *Ep. Lamyi* Schultz, *Ep. obscurum* Schreb., *Ep. pallidiflorum* Retz., *Ep. palustre* L., *Ep. parviflorum* Schreb., *Ep. roseum* Schreb., *Ep. rubescens* Rydb., *Ep. tetragonum* L., *Godetia amoena* G. Don und *Godetia carminea* hort. zu leben vermag. Nachdem die f. sp. *palustris* von *Epilobium* auf *Godetia* (und vielleicht sogar auf *Oenothera*) übergeht, so wäre es nicht ausgeschlossen, daß sie auch *Fuchsia* zu befallen vermag.

In einem ersten Infektionsversuch mit Uredosporenmaterial aus dem Gewächshaus einer züricherischen Handelsgärtnerei suchten wir den Pilz auf *Paeonia officinalis* (als einem häufigen Wirt des *Cronartium asclepiadeum*) und auf *Epilobium roseum* (als einem typischen Wirt der f. sp. *palustris* des *Pucciniastrum epilobii*) zu übertragen. Der Versuch gelang nur auf *Epilobium roseum*. In einem spätern Infektionsversuch mit spontanem Sporenmaterial von *Epilobium roseum* aus unseren früheren Versuchen mit dem *Pucciniastrum epilobii* (1941) konnten wir den Pilz von diesem Unkraut auf kultivierte Fuchsien hinüberbringen. Damit ist bewiesen, daß der Fuchsienrost in die Gattung *Pucciniastrum* gehört und *Pucciniastrum epilobii* (Persoon) Otth. f. sp. *palustris* Gäumann heißen muß.

Durch diese Versuche wird zu gleicher Zeit der Weg zur Bekämpfung des Fuchsienrostes gewiesen. Da dieser auf Fuchsien keine Teleutosporen bildet und deshalb den Wirtswechsel auf *Abies alba* Mill., *Abies balsamea* (L.) Mill., *Abies cephalonica* Loud., *Abies lasiocarpa* (Hook.) Nutt., *Abies Mayriana* Miy. et Kudo, *Abies Nordmanniana* (Stev.) Lk. und *Abies Pinsapo* Boiss. nicht vollziehen kann, so muß er stets wieder aus dem Freiland von Epilobien und Godetien her in die Gewächshäuser eingeschleppt werden. Man hat also nur dafür zu sorgen, daß im Bereich der in Frage stehenden Gewächshäuser keine Epilobien als Unkräuter vorkommen und keine kultivierten Godetien gehalten werden; denn von diesen beiden Gattungen her geht ja der Rost immer wieder auf die Fuchsien über.

Man wird sich auch fragen, warum der Pilz in den Gewächshäusern derart sprunghaft und zerstreut auftritt. Einmal ist ja die Chance, daß

sich die eben genannten Wirtspflanzen in der betreffenden Gärtnerei im unmittelbaren Bereich der Gewächshäuser vorfinden und daß sie überdies an *Pucciniastrum epilobii* erkrankt sind, verhältnismäßig gering. Dazu kommt, wie unsere Infektionsversuche zeigten, ein biologischer Grund, indem der Pilz die Fuchsien nur dann reichlich befällt, wenn sie sehr warm gehalten, also kräftig „getrieben" werden. Man wird also auch auf die Kulturmaßnahmen ein Auge halten müssen.

Schrifttum

Arthur, J. C., 1934. Manual of the rusts in United States and Canada. (Purdue Res. Found., Lafayette Ind., 438 S.)

Arthur, J. C. and Holway, E. W. D, 1918, in Arthur, J. C. Uredinales of Guatemala. (Amer. Journ. of Bot., **5**, 538—539.)

Cooke, M. C., 1885. Some exotic fungi. (Grevillea, **14**, 89—90, 129—130.)

Gäumann, E., 1941. Mykologische Notizen IV. (Berichte der schweiz. bot. Gesellsch., **51**, 338—343.)

Hiratsuka, N., 1927. Monographie der Gattung *Pucciniastrum* Otth. (Journ. Fac. Agric. Hokkaido, **21**, 63—119.)

Smith, A. and Rees, J., 1931. A rare rust on *Fuchsia*. (Transact. British myc. soc., **16**, 308—309.)

Biologische Abteilung des Bäderwissenschaftlichen Instituts
der Kurstadt Baden
(Leiter: K. Höfler, Wien)

Über Kalkchlorose und Calciose im Jahre 1941 und W. S. Iljins biochemische Untersuchungen

Von
Karl Höfler

Die Kalkchlorose der Pflanzen trat im Jahre 1941 in der Umgebung von Wien auf kalkreichen Böden sehr häufig und mit ungewöhnlicher Heftigkeit auf. An verschiedenen Kulturpflanzen (Weinrebe), aber auch an Bäumen (Apfel- und Birnbaum, Quitte, Robinie, Esche, Götterbaum) und Sträuchern (Heckenrose, Holunder, Liguster, Pfeifenstrauch, *Cornus mas* und *sanguinea)* war vom Juni an das bekannte Krankheitsbild zu beobachten. Die vordem grünen Blätter vergilben allmählich, wobei die Blattnerven noch längere Zeit grün bleiben können. Am Beginn erscheinen zwischen den Blattnerven gründgelbe Streifen, die anfangs schmal sind und nachher ständig breiter werden. Endlich ist der größte Teil der Blattfläche gelb und die Nerven allein sind noch grün. Im letzten Stadium sterben die Blätter von den Rändern her ab und das Gewebe zerfällt, was Iljin zumal an Apfel-, Birn- und Quittenbäumen beobachtete.

Apfelbäume, die an ihrem Standort etliche Jahre lang normale Entwicklung gezeigt hatten, wurden im Jahre 1941 von der Krankheit so stark ergriffen, daß sie im Laufe des Sommers abstarben und gefällt werden mußten. Ein solcher Apfelbaum, der auf dem kalkreichen Grundstück Soos bei Baden schon Ende Juni 1941 zugrunde ging, war 1929 ausgepflanzt worden[1]) und bis 1940 normal gediehen. Diese verstärkte Form des Auftretens der Kalkchlorose muß irgendwie mit den meteorologischen Verhältnissen des Jahres 1941 zusammenhängen. Prof. Kaserer-Wien teilt mir mit, daß nach seinen langjährigen Beobachtungen besonders Jahre mit feuchtem Frühjahr und rasch einsetzender Sommerhitze im Kalkgebiet ein solch heftiges Auftreten der Chlorose bei Obst und Wein mit sich bringen. Der Weinstock ist in verschiedenen Gegenden der Chlorose stark unterworfen und nach Molz (1907) ist die

[1]) Nach Mitteilung des Eigentümers, Herrn Verwalter Brandl, dem für seine Verdienste um die Gründung der Badener botanischen Arbeitsstätte und um die Durchführung der Untersuchungeu Prof. W. S. Iljins auch an dieser Stelle herzlicher Dank gesagt sei.

übergroße Feuchtigkeit im Kalkboden die Hauptursache (vgl. Molisch, 1930).

Ich gebe im folgenden die fünftägigen Temperaturmittel und Niederschlagshöhen vom Jahr 1941 nach Daten aus Wien XIX wieder. (Die Werte von dem 28 km südlich gelegenen Baden liegen nicht vor.)

Fünftägige Temperaturmittel und Niederschlagssummen im Jahr 1941
(Wien XIX)

Datum	Niederschlagssummen		Temperaturmittel	
	Pentaden 1941	Monatsmittel 1851—1920 mm	Pentaden 1941 °C	Abweichungen vom 160-Jahresmittel
Vom 1. April bis 5. April . .	5,5		9,8	+ 2,5
Vom 6. April bis 10. April . .	49,6		3,4	— 3,0
Vom 11. April bis 15. April . .	14,1	52,9	7,9	— 1,3
Vom 16. April bis 20. April . .	11,7		10,0	+ 0,2
Vom 21. April bis 25. April . .	4,7		8,0	— 2,8
Vom 26. April bis 30. April . .	28,2		8,9	— 2,9
Vom 1. Mai bis 5. Mai . . .	12,3		7,9	— 4,9
Vom 6. Mai bis 10. Mai . . .	11,6		7,8	— 5,9
Vom 11. Mai bis 15. Mai . . .	0,0	71,0	11,1	— 3,3
Vom 16. Mai bis 20. Mai . . .	43,7		11,1	— 4,0
Vom 21. Mai bis 25. Mai . . .	5,4		14,7	— 1,2
Vom 26. Mai bis 30. Mai . . .	1,0		17,2	+ 0,6
Vom 31. Mai bis 4. Juni . .	4,5		16,4	— 1,1
Vom 5. Jnni bis 9. Juni . .	26,9		16,2	— 1,5
Vom 10. Juni bis 14. Juni . .	9,9	69.9	14,8	— 3,2
Vom 15. Juni bis 19. Juni . .	3,9		16,1	— 1,6
Vom 20. Juni bis 24. Juni . .	0,0		20,1	+ 1,9
Vom 25. Juni bis 29. Juni . .	11,6		19,5	+ 0,8
Vom 30 Juni bis 4. Juli . .	35,1		16,0	— 3,2
Vom 5. Juli bis 9. Juli . .	0,1		18,9	— 0,7
Vom 10. Juli bis 14. Juli . .	17,1	78,5	21,7	+ 2,0
Vom 15. Juli bis 19. Juli . .	137,1		17,8	— 2,4
Vom 20. Juli bis 24. Juli . .	10,0		18,3	— 1,8
Vom 25. Juli bis 29. Juli . .	3,4		19,4	— 0,7
Vom 30. Juli bis 3. August	2,1		17,2	— 3
Vom 4. August bis 8. August	19,1		15,7	— 4,1
Vom 9. August bis 13. August	2,3	69,4	17,1	— 2,5
Vom 14. August bis 18. August	2,8		20,0	+ 0,6
Vom 19. August bis 23. August	11,7		17,5	— 1,3
Vom 24. August bis 28. August	9,9		17,8	— 0,4
Vom 29. August bis 2. Sept. .	7,9		14,8	— 3,0
Vom 3. Sept. bis 7. Sept. .	0,9		17,0	+ 0,2
Vom 8. Sept. bis 12. Sept. .	16,0	50,3	12,4	— 3,8
Vom 13. Sept. bis 17. Sept. .	24,6		11,0	— 4,1
Vom 18. Sept. bis 22. Sept. .	0,0		11,3	— 3,1
Vom 23. Sept. bis 27. Sept. .	0,0		12,9	— 0,6

Die Witterung war im Frühjahr bis in die zweite Hälfte Mai ausgesprochen feucht, dann etwa normal. Im Juli fiel sodann ganz ungewöhnlich starker Niederschlag, worauf heiße Tage folgten.

Übrigens wird nicht alles verstärkte Chloroseauftreten durch die Witterung unmittelbar verursacht. Auch die Disposition der Pflanze spielt eine wesentliche Rolle. Einer brieflichen Mitteilung von Prof. Rudorf-Müncheberg entnehme ich, daß als Nachwirkung der starken Fröste der Winter 1939/40 und 1940/41 in Norddeutschland vielfach ein Vergilben der Obstbäume in den Sommermonaten einsetzte, und Gleiches war schon 1940 um Wien zu beobachten.

* * *

Die Chlorosejahre waren unerfreulich für Obst- und Weinbau, aber außerordentlich günstig für die Durchführung der großzügigen chemisch-physiologischen Untersuchung, die W. S. Iljin unserer Pflanzenkrankheit angedeihen ließ.

Prof. Iljins Aufenthalt am Badener Bäderwissenschaftlichen Institut währte von Mai bis Oktober 1941. Ich bat den genannten Forscher, im Zuge seiner chemisch-physiologischen Untersuchungen, die an seine vorangegangenen Studien über Kalk- und Kieselpflanzen (Iljin 1938 bis 1940) anknüpften, auch dem Problem der Lupinenchlorose sein Augenmerk zuzuwenden. Die Anregung war mir vom Forschungsdienst zugekommen. Prof. Rudorf-Müncheberg wies mich bei der Februartagung 1941 auf die Dringlichkeit vertiefter physiologischer Untersuchung der Frage hin. Iljins Untersuchungen an Lupinen haben schon einige wichtige Ergebnisse gebracht, worüber am Schlusse dieses Aufsatzes berichtet werden soll. Er selbst sammelte aber seine ersten Erfahrungen, die die Richtung für die weitere Untersuchung gaben, nicht an den Lupinen, sondern an verschiedenen anderen Gewächsen, die die Kalkkrankheit aufwiesen, vor allem am Apfelbaum, Holunder, der Esche und den übrigen eingangs aufgezählten Gewächsen. Iljins ausführlicher Arbeit „Die Kalkchlorose der Pflanzen und ihre Biochemie" (Jahrb. f. wiss. Bot. 1942) sind die folgenden Daten entnommen. Es hat sich gezeigt, daß erst durch solches vergleichend physiologisches Arbeiten die breite Grundlage geschaffen werden konnte, von der aus nun auch das vordem meist allein studierte Phänomen der Lupinenchlorose in völlig neuem Licht erscheint.

Die meist verbreitete Meinung ist bekanntlich, daß die Chlorose der Pflanzen auf Kalkböden durch Eisenmangel verursacht wird, der sich infolge der alkalischen Bodenreaktion einstellt. Diese Erklärung wurde indes in neuerer Zeit schon wiederholt als unbefriedigend empfunden, wenigstens reicht sie nicht für alle Fälle aus. So ist bekannt, daß die Chlorose bei *Lupinus luteus*[1]) im Jugendstadium auftritt, während die

[1]) Übersicht des Schrifttums bei Schander (1941) und Iljin (1942).

Pflanze noch von den Vorräten aus den Keimblättern lebt. „Die Jugendchlorose der Lupine beruht nicht auf dem Mangel irgendeines Nährstoffes, der der Pflanze von außen her durch die Wurzel zugeführt werden müßte.“ (Schander, 1938a, S. 33.) Hält man dennoch daran fest, daß die Chlorose der Blätter durch Mangel an Eisen verursacht sein müsse, so bleibt in diesem Fall nur die Annahme einer mangelnden Beweglichkeit des Eisens in der Pflanze (vgl. z. B. Scholz 1933). Seit Gris (1843), Knop und Sachs ist allgemein bekannt, daß die Chlorose in vielen Fällen durch Eisensalzzufuhr von der Wurzel her oder durch Aufpinseln von Eisensalzlösungen auf die bleichen Blätter geheilt werden kann. Doch ist auch letztere Tatsache kein ganz zwingender Beweis dafür, daß die Bleichsucht in allen solchen Fällen wirklich durch Fe-Mangel verursacht ist; denn beim Aufpinseln gelangen unverhältnismäßig hohe Salzkonzentrationen zur Anwendung, wobei auch die Säureionen wirksam sein könnten; schon Sachs erhielt gelegentlich ein nachträgliches Ergrünen auch durch Aufpinselung verdünnter Schwefelsäure.

Bezüglich der äußeren Ätiologie der Chlorose von *Lupinus luteus* hat Mevius (1927) nachgewiesen, daß bei dieser Pflanze in Wasserkultur keine Chlorose bei pH 4,8—5,0 auftritt, während höhere (und auch niedrigere) pH-Werte Chlorose auslösen; je stärker die Salzkonzentration, desto enger ist der pH-Bereich, bei dem die Chlorose ausbleibt. Seine Erfahrungen wurden vielfach bestätigt. Schander stellt in eingehenden Untersuchungen fest, daß das Reaktionsoptimum der gelben Lupine im Jugendstadium bei pH = 5, für die erwachsene Pflanze aber bei pH 6,75 liegt, sich also während der Entwicklung gleitend verlagert. Die Keimlingstadien verfügen über starke Wurzelausscheidungen, durch die sie die Reaktion der wurzelnahen Zone im Boden dem pH-Optimum aktiv näherbringen können. Ist der Boden reich an $CaCO_3$, so gelingt diese Einregulierung nicht und die Jugendchlorose stellt sich ein. Der Kalk wirkt in diesem Falle durch seine hohe Pufferung verderblich.

Auch auf dem kalkreichen Boden im Garten der Badener Forschungsstation konnten nach Iljins Beobachtungen die gelben Lupinen nicht gedeihen. Die Keimblätter kamen grün aus dem Boden hervor, aber schon die ersten Laubblätter zeigten heftige Chlorose. Kontrollen auf dest. H_2O wuchsen normal und gaben mehrere grüne Blätter, zu deren Ausbildung somit das Reserveeisen ausreicht. Auf demselben Grundstück wuchsen andere Pflanzen üppig ohne jede chlorotische Erscheinung, ein Beweis, daß auch der Boden Eisen genug enthielt und nicht die alkalische Reaktion des von der Pflanze aufgenommenen Wassers an sich den Eisen-

---

[1]) Das in Baden verwendete Samenmaterial war mir von Herrn Regierungsrat M. Klinkowski, Berlin, freundlichst überlassen worden. Es handelt sich um Zuchtstämme, die von einer Wildform aus Ibides in Portugal, welche Klinkowski im Jahre 1937 dort gesammelt hatte, ausgegangen waren.

transport verhindert. Nur die Lupinen litten Schaden. Überhaupt wurde selbst im Jahre 1941 Chlorose an typischen, die Kalkfelsen bewohnenden Kalkpflanzen niemals wahrgenommen. — Iljin folgert, „daß die Ursache der Chlorose in der Pflanze selbst zu suchen ist, und zwar in den biochemischen und physiologischen Prozessen, die in ihr unter dem Einfluß des Kalkbodens eintreten und einen abnormen Stoffwechsel verursachen. Eine Untersuchung des Bodens und verschiedener Düngungsverfahren allein kann also die Frage der Chlorose nicht lösen". Fe-Mangel führt zweifellos zur Chlorose; doch bedeutet dies keineswegs, daß die grüne Farbe nicht auch aus anderen Gründen verlorengehen kann.

Da das bezeichnende Krankheitsbild an zahlreichen gegen Kalk wenig resistenten Pflanzen eben auf Kalkböden in Erscheinung tritt, bestand von vornherein die Möglichkeit, daß die gesteigerte Kalk- bzw. Ca- (und Mg-) Aufnahme die Krankheit auslöst. Schon Röthe (1861) hatte bei der Silicatpflanze *Herniaria* auf Kalkböden eine gesteigerte Ca-Aufnahme bei gehemmter K-Aufnahme gefunden und auf solche Erfahrungen gründete sich Ehrenbergs Kalk-Kali-Gesetz. Iljin begann daher seine biochemische Untersuchung mit Ca-Analysen gesunder und kranker Pflanzen. So wurden Blätter der erwähnten Apfelbäume aus Soos bei Baden im Juni, Juli und August der Analyse unterzogen: Der gesamte Ca-Gehalt war auffälligerweise in kranken Blättern meist nicht größer als in gesunden. Das Gleiche fand sich bei zahlreichen anderen Pflanzen, wenn der Ca-Gehalt auf die Trockengewichtseinheit bezogen wurde. Die an sich naheliegende Vorstellung, daß bei der Erkrankung die Calciumaufnahme erhöht, der Permeationswiderstand der Wurzel gegen eintretende Calciumionen pathologisch vermindert würde, entspricht also nicht den Tatsachen und ist beiseitezustellen. Wurden dagegen die ausgepreßten Zellsäfte auf Ca analysiert, so wurde in den meisten Fällen in kranken Blättern mehr gelöstes Calcium als in gesunden gefunden. Die Zufuhr des Calciums zu gesunden und kranken Blättern ist also wohl an sich nicht verschieden, aber die kranken enthalten weit mehr Ca in gelöster Form als die gesunden, — z. B. bei Apfelblättern 11,3 gegen 6,7 mg, bei der Quitte 3,9 gegen 1,5 mg, beim Holunder 5,0 gegen 0,4 mg, überall pro g Trockensubstanz. Dies war der Ausgangspunkt für die weitere Analyse.

Das Calcium muß in den Zellsäften als Salz gebunden sein, d. h. Salze mit organischen Säuren bilden. Iljin hatte in den Vorjahren die Methoden der mikrochemischen Bestimmungen der organischen Pflanzensäuren in Gemischen, wie sie ausgepreßte Pflanzenzellsäfte darstellen, sehr vervollkommnet (Iljin 1939). Die Analyse gesunder und chlorotischer Pflanzen führte nun zu einem überraschenden neuen Ergebnis: Bei der Kalkchlorose wird die Erzeugung von Zitronensäure außerordentlich gesteigert!

Die grundlegende Beobachtung wurde zuerst an den kranken Apfelbäumen gemacht. Der Baum in Soos bei Baden, dessen Blätter schon am 16. Juni von den Rändern her abstarben, hatte pro g Trockensubstanz 28,7 mg Zitronensäure, während ein benachbarter gesunder Baum nur 1,9 mg enthielt. In ccm Saft ergaben die chlorotischen Blätter des ersten Baumes 8,1, die grünen des gesunden Baumes nur 0,9 mg (die Trockenmasse hatte beim kranken relativ abgenommen, der Wassergehalt zugenommen). Sieben Wochen später war der zweite Baum ebenfalls erkrankt, jetzt enthielten seine grünen Blätter im Saft 8,6 mg, die vergilbten 15 mg, die stark chlorotischen Blätter eines dritten Baumes 21,5 mg. Beim Apfelbaum wird also die Kalkkrankheit von einer gewaltigen Zunahme gelöster Zitronensäure begleitet. Je weiter die Vergilbung der Blätter fortschreitet, desto höher ist die erzeugte Menge.

Fast noch deutlicher fand sich die gleiche Erscheinung beim Holunder *(Sambucus nigra)*. Blätter eines gesunden Strauches enthielten z. B. pro g Trockensubstanz 3,1 mg, Blätter eines kranken 54,0 mg Zitronensäure, also das 17,4fache (pro ccm Saft das 10fache). Besonders interessant war Iljins Beobachtung an dieser Pflanze, daß am erkrankenden Strauch auch grüne Blätter, denen die Krankheit äußerlich noch nicht anzusehen war, schon eine wesentlich erhöhte Zitronensäuremenge enthielten.

Es ist klar, daß in solchen Fällen die Krankheit nicht durch Eisenmangel, bzw. gehemmte Aufnahme oder Zuleitung des Eisens infolge alkalischer Bodenreaktion verursacht sein kann, hatten doch die Blätter bis zum Auftreten der Krankheit Eisen und Chlorophyll genug. Wäre die Witterung im Sommer 1941 anders verlaufen, so wäre die Krankheit nicht ausgebrochen. — Zwischen der gesteigerten Menge gelösten Calciums und gelöster Zitronensäure fand sich ein gewisser Parallelismus, doch keine vollkommene Proportionalität.

Auch Veilchen litten im Garten der Station stark an Chlorose. Das Veilchen ist eine Oxalatpflanze, die normalerweise kein gelöstes Calcium führt, da so gut wie alles Ca als Oxalat festgelegt wird. Hier war die Menge des Ca bei gesunden und kranken Pflanzen praktisch gleich; der Zitronensäuregehalt stieg aber in den kranken auf die dreifache Höhe.

Grundlegenden Charakter hat Iljins Nachweis, daß die gesteigerte Zitronensäureerzeugung zu jenen biochemischen Prozessen gehört, welche die Kalkchlorose bei allen erkrankenden Pflanzenarten ohne jede Ausnahme begleiten. Der Säuregehalt kann zu enormer Höhe steigen und 10% des Trockengewichtes erreichen.

Die Äpfelsäure, die nach Iljins früheren Untersuchungen (1940) bei Kalkpflanzen meist vorherrscht und in der physiologischen Kennzeichnung der von Natur kalkresistenten Gewächse eine hervorragende

Rolle spielt, steigt dagegen bei der Chlorosekrankheit nicht an. Der Befund kam unerwartet und ist zur Deutung des Krankheitsbildes wichtig, denn Kalkpflanzen produzieren allgemein um so mehr Apfelsäure, je kalkreicher ihr Standort ist und je mehr Ca durch die Wurzeln zugeführt wird. Diese Fähigkeit, auf erhöhte Ca-Aufnahme durch entsprechende Erhöhung der Äpfelsäureproduktion zu antworten, wobei lösliches Calciummalat entsteht, ist wohl eine der wichtigsten physiologischen Grundlagen der Kalkresistenz. — Zahlreiche quantitative Parallelbestimmungen ließen auch klar erkennen, daß bei der Kalkkrankheit eine Umwandlung von Äpfel- zu Zitronensäure nicht in Frage kommt. Die Äpfelsäure nimmt zwar in den erkrankten Blättern meist deutlich ab, was mit gehemmter Neubildung zusammenhängen dürfte, aber doch quantitativ meist weit weniger, als die Zitronensäure ansteigt.

Während die Zitronensäure überall bei der Erkrankung zunimmt, sind bei manchen Pflanzen außerdem auch unbekannte, d. h. noch nicht spezifisch erfaßte Säuren an den biochemischen Veränderungen, die die Kalkchlorose begleiten, wesentlich beteiligt.

Daß der veränderte Säurehaushalt vor allem das Krankheitsbild kennzeichnet, ist völlig neu und bedeutet eine für alle weitere Forschung richtunggebende Entdeckung.

Viele ältere Versuche zur Ätiologie der Lupinenchlorose haben sich mit der Rolle der Kationen beschäftigt, wobei Schanders Untersuchungen (1938—1941) am wichtigsten geworden sind. Dieser Forscher konnte zeigen, daß Chlorose nicht nur bei Fe-Mangel, sondern unter dem Einfluß verschiedener Ionen auftritt, und konnte wesentliche Veränderungen des Salzbestandes bei kranken Pflanzen nachweisen. Nach Iljin herrscht, wie erwähnt, im chlorotischen Gewebe meist das gelöste Ca vor, aber bei manchen der von ihm erstmalig untersuchten kranken Pflanzen treten bei der Analyse andere Kationen in den Vordergrund. Die pH-Werte des Zellsaftes ändern sich bei der Kalkkrankheit nicht, d. h. es besteht zwischen der Azidität der Zellsäfte kranker und gesunder Blätter kein oder fast kein Unterschied. Da die kranken Blätter so reich an organischen Säuren sind, müssen also in den Zellsäften auch die Kationen entsprechend an Menge zugenommen haben. — Die Rolle der einzelnen Metalle wechselt nun aber dabei von Pflanze zu Pflanze. Bei der Robinie und beim Pfeifenstrauch steigt mit der Chloroseintensität der Gehalt an K bedeutend an, Ca und Mg nehmen dabei ab; die Esche verhielt sich ähnlich. Man könnte hier bei der Vergilbung an die Wirkung gestörten Ionengleichgewichtes denken. Beim Holunder war aber der K-Gehalt in chlorotischen Blättern vermindert und sowohl die Ca- als auch die Mg-Menge stark angestiegen (auf 15,5 bzw. 21,6 mg gegen 5,9 bzw. 6,1 mg in gesunden Blättern); die Gesamtkonzentration Ca + Mg stieg bis auf das Vierfache. Bei der Quitte stieg das Mg etwa

auf das Doppelte. Beim Apfel herrschte K und gelöstes Ca ausgesprochen vor. Der Kationenbestand war demnach bei allen analysierten Pflanzen wesentlich verändert, aber die vergleichend physiologische Untersuchung Iljins lehrt, daß doch kein einzelnes Ion allgemein für das Zustandekommen der Krankheit verantwortlich gemacht werden kann.

Noch zu einem weiteren wichtigen Ergebnis haben die bisherigen Untersuchungen über die biochemische Kennzeichnung der Kalkchlorose bereits geführt. Der N-Stoffwechsel erscheint bei kranken Pflanzen ganz wesentlich verändert. Was zunächst die Gesamtmenge an Stickstoff betrifft, so kann diese bei der Chlorose stark erhöht sein. Die Zunahme betrug bei der Robinie 65%, beim schwer kranken Apfelbaum 138%, bei Quitte, Birnbaum und Holunder aber nur 4—6%. Der N-Stoffwechsel verläuft also wohl bei verschiedenen Pflanzen ungleichartig und, was wichtig ist, die N-Menge ergibt sich verschieden auch bei der Untersuchung verschiedener Krankheitsstadien.

Aufschlußreich war die Berechnung gelösten Stickstoffs im ausgepreßten Saft: Der Zellsaft kranker Pflanzen war im Vergleich zu dem gesunder ausnahmslos viel reicher an N. Die Menge des gelösten N steigt um so mehr, je weiter die Chlorose vorrückt, und kann das 6—7fache des Normalwertes erreichen; schließlich kann dann eine Abnahme folgen. Besonders kennzeichnend ist die Anreicherung von Aminosäure, NH_4-Verbindung und löslichem Eiweiß in den Zellsäften. Man darf annehmen, daß diese Stoffe auf Kosten der in der gesunden Pflanze vorhandenen unlöslichen N-Verbindungen gebildet werden.

Eine Proportionalität zwischen der Zunahme der Zitronensäure und der des gelösten Stickstoffs besteht nicht; ja bei kalkkranken Pflanzen, die reichlich Zitronensäure erzeugen, bleibt die N-Zunahme geringer — und umgekehrt. — Dem veränderten N-Stoffwechsel kommt bei der Krankheit eine nicht minder wichtige Rolle zu als der Zitronensäure.

* * *

Fragen wir nun noch nach dem Lupinen-Problem, von dem die Untersuchung ihren Ausgang nahm. Iljins Hauptergebnis besteht in der grundsätzlichen Übereinstimmung der Lupinenchlorose mit dem Krankheitsbild der übrigen Pflanzen. Vor allem wird Zitronensäure in ebenso charakteristischer Weise angereichert.

Sehr lehrreich ist der Vergleich gelber, blauer und weißer Lupinen. Die gelbe Lupine ist bekanntlich der Chloroseerkrankung auf Kalkböden am stärksten ausgesetzt (C. Hiltner 1915). Im Wiener Versuchsgarten des Pflanzenphysiologischen Instituts war am 9. Juli 1941 *L. luteus* schon stark chlorotisch, *L. angustifolius* zeigte Anfänge der Erkrankung, *L. albus* war gesund und hatte rein grüne Blätter. Prof. Iljin unterzog das Material der Analyse. Die gelbe Lupine enthielt 50,8 mg Zitronensäure,

die blaue 32,8 mg, die weiße 11,2 mg pro g Trockengewicht. Je stärker die Krankheit auftrat, desto höher war auch hier der Zitronensäuregehalt. Bei der nächsten Untersuchung am 14. Juli wurden von allen drei Arten gelbgrüne und vergilbte Blätter geprüft; erkrankte Pflanzen fanden sich jetzt nach einigen heißen Tagen auch bei den blauen und weißen Lupinen.

Zitronensäuregehalt bei Lupinen (nach Iljin 1942)

	Lupinus luteus	*Lupinus angustifolius*	*Lupinus albus*
Wiener Material			
gelbgrüne Blätter . .	97,0	42,1	43,7
gelbe Blätter . . .	52,0	36,5	23,9
Müncheberger Material . .	20,9	13,7	13,9

Die grüngelben Blätter enthielten diesmal mehr Zitronensäure als die ganz vergilbten. Bei *L. luteus* fand sich der Höchstwert unter allen bisher von Iljin geprüften Pflanzen, nämlich 97 mg Zitronensäure oder 9,7% des Trockengewichts. — Zu Ende Juli erhielt ich von Prof. Rudorf gelbe, weiße und blaue Lupinen, die in Müncheberg auf kalkärmerem Boden erzogen waren, bereits fruchteten und zur Zeit der Untersuchung auf den Blättern gelbe Spuren trugen. Die blauen und weißen enthielten relativ wenig Zitronensäure, 13,7—13,9 mg, die gelben 20,9 mg. In Iljins Badener Kulturen hatte sich *L. luteus*, die auf mit Torf überdecktem Kalkboden gezogen war, normal entwickelt; die rein grünen Blätter enthielten 13,8 mg Zitronensäure, also so viel wie gesunde weiße Lupinen.

Auch die Menge löslichen Calciums hatte bei den erkrankten Lupinen zugenommen. Der Anstieg war bei der kalkempfindlichen Art *L. luteus* am stärksten. Die Veränderungen im Stickstoffgehalt liegen bei den N-reichen Leguminosen aus naheliegenden Gründen minder klar.

Von besonderem Interesse für die allgemeine Frage der Kalkresistenz der Lupinen sind noch Iljins Analysen auf Äpfelsäure. „Kalkpflanzen“ sind, wie schon einmal erwähnt, allgemein mit dieser Säure reichlich ausgestattet. Die Lupinen nehmen nun, wie es scheint, das im Boden vorhandene Ca energisch auf und erzeugen auch entsprechend viel Äpfelsäure. Deren Menge schwankte in den vorliegenden Analysen. die Durchschnittswerte waren 47,4 mg bei der gelben, 92,5 bei der weißen, 102,6 mg bei der blauen Lupine. Für mein Wiener Material bestimmte Prof. Iljin am 9. Juli 50,0 — 100,5 — 123,0 mg. Es ist somit die gelbe Lupine, deren Resistenz gegen Kalk am geringsten ist, auch am ärmsten an Äpfelsäure. — Wie Iljin (1940) früher zeigte, wird bei Kalkpflanzen, d. h. kalkresistenten Pflanzen allgemein mit der Kalkaufnahme die Äpfelsäureerzeugung stimuliert, und zwar um so stärker, je widerstands-

fähiger gegen Kalk die betreffende Spezies ist. Unter den Lupinen wurde nun die stärkste derartige Reaktion bei *L. albus* nachgewiesen, die bei mäßigem Ca-Gehalt ein Höchstmaß an Äpfelsäure erzeugt. *L. luteus* vermag wie es scheint, auf erhöhte Kalkzufuhr nicht in gleicher Weise durch Verstärkung der Äpfelsäureproduktion zu antworten (dafür tritt die als pathologischer Vorgang zu wertende Zitronensäureerzeugung ein). Immerhin fanden sich bei einer Analyse vom 14. Juli für das Wiener Material an Äpfelsäure in relativ gesunden grünen Blättern von *L. luteus* 80,0 mg, in stärker angegriffenen Exemplaren 37,0 mg, während *L. angustifolius* entsprechend 120,0 mg — 82,6 mg, *L. albus* entsprechend 140,0 mg — 96,6 mg Äpfelsäure enthielten. Von der Müncheberger Sendung enthielt *L. luteus* 22,7 mg, *L. angustifolius* 67,4 mg, *L. albus* 51,0 mg.

Auch in bezug auf ihren Säurehaushalt erscheint die gelbe Lupine als die am wenigsten kalkresistente Art. Merkenschlager (1928, 1933, S. 288) hat die gelbe Lupine auf natürlichen Standorten in Calabrien und bei Messina aufgesucht und sie ausschließlich im Bereich von Urgesteinsverwitterungsböden saurer Reaktion gefunden.

* * *

In vorbildlicher Weise enthält sich Iljin noch eines endgültigen Urteils über die Frage, ob und wieweit die von ihm entdeckten biochemischen Veränderungen als Ursache oder als Begleiterscheinungen der Kalkchlorose zu werten seien. Sicherlich haben die chemischen Prozesse, die sich bei der Erkrankung der Pflanzen auf Kalkböden einstellen, symptomatischen Wert; denn Iljin erwies die Möglichkeit, mittels chemischer Analyse das Auftreten der Krankheit und ihren Grad festzustellen, auch bevor noch Chlorophylldefekte äußerlich zutage treten, was ja bei den einzelnen Arten in verschiedenen Erkrankungsstadien geschieht. So sind frühe Stadien der bisher als Kalkchlorose bezeichneten Krankheit schon durch erhöhten Zitronensäuregehalt der Gewebe erkennbar.

Es ist klar, daß nicht allgemein Eisenmangel die Krankheit bewirkt. In der Phytopathologie ist ja allgemein bekannt, daß fehlende Chlorophyllbildung oder frühzeitige Zersetzung und Zerstörung des Chlorophylls durch ganz verschiedene Ursachen ausgelöst werden kann (vgl. Merkenschlager, 1933, S. 201). Ursprünglich hat freilich die äußere Ähnlichkeit der Eisen- und Kalkchlorose zur gleichen Namensgebung und der gleiche Name vielleicht wieder zu den zum Teil etwas gekünstelten Vorstellungen über die Verursachung der Krankheit durch Eisenmangel Anlaß gegeben. — Iljin zieht die Folgerung aus seinen Befunden. Da nun die auf Kalkböden auftretende Krankheit als völlig eigenartige Stoffwechselkrankheit erkannt ist, soll sie fortan nicht mehr einfach „Chlorose“ heißen, sondern, um Verwechslung zu vermeiden, mit einem neuen Namen belegt werden.

Der Pflanzenphysiologe denkt beim Namen Chlorose bis heute an die zuerst von Gris (1843) beschriebene Eisenmangelkrankheit, die sich im Nichtergrünen der Blätter ausdrückt, und Prioritätsgründe sprächen sicherlich dafür, den Namen für dieses eine Krankheitsbild beizubehalten. Einer solchen Einschränkung in der Verwendung des Wortes Chlorose steht aber der Sprachgebrauch in der angewandten Botanik und Phytopathologie gegenüber. Man denke an die Tabakchlorose (Garner 1923), die auf Magnesiummangel beruht, an die Manganmangelerscheinungen und manches andere. Auch die Bezeichnung „Kalkchlorose" ist viel zu fest eingebürgert, um aufgegeben zu werden.

Man darf aber von Chlorose, und auch von Kalkchlorose, wohl nur solchen Krankheitsbildern gegenüber sprechen, bei denen die Blätter von Anbeginn an nicht ergrünt sind oder ein Vergilben oder Erbleichen der Blätter bereits eingetreten ist. Nicht aber dürfen Frühstadien der Kalkkrankheit als Chlorose bezeichnet werden, wo die Blätter ihr Chlorophyll noch unvermindert besitzen, während die Gewebe schon chemisch verändert, z. B. an Zitronensäure angereichert sind. Und doch handelt es sich, wie wir nun wissen, bloß um verschiedene Stadien im Verlauf ein und derselben Stoffwechselkrankheit.

Der ältere Name Kalkchlorose kennzeichnet somit nur ein bestimmtes äußeres Erscheinungsbild, das sich bei den einzelnen Pflanzenarten in verschieden weit vorgeschrittenen Stadien des Krankheitsverlaufes einstellt.

Für die Krankheit selbst, die bei Nicht-Kalkpflanzen auf Kalk- und Dolomitböden auftritt und die Iljin nun aus ihren biochemischen Zügen gekennzeichnet hat, möchte ich den Namen „Calciose" in Vorschlag bringen.

Über die Ätiologie der Krankheit wird durch die Namensgebung natürlich nichts ausgesagt. Ein Urteil über die Frage, ob allein die alkalische Bodenreaktion oder ob und inwieweit auch Ca- und Mg-Ionen oder noch andere Faktoren an ihrem Auftreten ursächlich beteiligt sind, wird durch den Namen nicht vorweggenommen.

Schrifttum

Garner, W. W., 1923. Sand-drown a chlorosis of tobacco due to magnesium deficiency and the relation of sulphates and chlorids of potassium to the disease. Journ. Agric. Res., 1923, Vol. 23, S. 27.

Gris, L., 1843. De l'action des composes ferrugnieux sur la vegetation. Paris.

Hiltner, L., 1915. Über die Kalkempfindlichkeit verschiedener Lupinen und anderer Pflanzenarten. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, Bd. 13, S. 53.

Iljin, W. S., 1938. Calcium content in different plants and its influence on production of organic acids. Abhandlungen der russischen Forschungsgesellschaft in Prag, Bd. VIII, Nr. 41.

Iljin, W. S., 1939. Quantitative microanalysis of salts and organic acids in plants. Abhandlungen der russischen Forschungsgesellschaft in Prag, Bd. IX, Nr. 66.

Iljin, W. S., 1940. Boden und Pflanze. II. Physiologie und Biochemie der Kalk- und Kieselpflanzen. Abhandlungen der russischen Forschungsgesellschaft in Prag, Bd. X, Nr. 73.

Iljin, W. S., 1942. Die Kalkchlorose der Pflanzen und ihre Biochemie. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, Bd. 90, S. 464.

Merkenschlager, F., 1928. Die Lupine und ihre Landschaft. Freising.

Merkenschlager, F., 1933. Pflanzenernährung und Pflanzenkrankheiten. Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. I, 1. Teil, S. 199.

Mevius, W., 1927. Kalzium-Ion und Wurzelwachstum. Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, Bd. 66, S. 238.

Molisch, H., 1930. Pflanzenphysiologie als Theorie der Gärtnerei. VI. Aufl., Jena.

Molz, E., 1907. Untersuchungen über die Chlorose der Reben. Jena.

Röthe, C., 1869. Über das Vorkommen der *Herniaria glabra* L. auf Dolomitsand. Berichte des naturh. Vereins Augsburg.

Sachs, J., 1888. Erfahrungen über die Behandlung chlorotischer Gartenpflanzen. Arbeiten des Botanischen Institutes in Würzburg, Bd. III und Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie, Bd. I, S. 379, Leipzig 1892.

Schander, H., 1938a. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jugendchlorose von *Lupinus luteus* von Außenfaktoren während ausschließlicher Ernährung durch die Keimblätter in Wasserkultur. 1. Die Wirkung einzelner Salze und der Reaktion. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 11 (56), S. 32.

Schander, H., 1938b. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jugendchlorose der gelben Lupine von Außenfaktoren in Wasserkultur. 2. Die Wirkung der Reaktion und Salzkonzentration der Nährlösung. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 11 (56), S. 278.

Schander, H, 1939a. Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jugendchlorose von *Lupinus luteus* von Außenfaktoren in Sandkultur. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 12 (57), S. 71.

Schander, H., 1939b. Untersuchungen über die Entstehung der „wurzelnahen Zone" bei der Jungpflanze von *Lupinus luteus*. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 14 (59), S. 346.

Schander, H., 1941. Untersuchungen über die Verlagerung des Reaktionsoptimums während der Entwicklung bei *Lupinus luteus*. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Bd. 20 (65), S. 129.

Scholz, W., 1933. Die Chlorose der gelben Lupine *(Lupinus luteus)* in ihrer Beziehung zum Eisen. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, Bd. 28, S. 257.

Der Einfluß partieller Sterilisation des Bodens auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis*

Von

A. Gerhard Winter[1])

Mit 9 Textabbildungen

A. Biologische und ökologische Eigenarten der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis*

Eine vordringliche Aufgabe der Bodenmikrobiologie ist die Entwicklung von Methoden, die eine einfache mikroskopische Kontrolle der Entwicklung bodenbewohnender Mikroorganismen im natürlichen Erdboden gestatten. Zwar ermöglicht die Boden-Aufwuchs-Plattenmethode und die Bodenkammer-Methode von Cholodny (1930, 1934) sowohl für Pilze wie Bakterien eine weitgehende Beobachtung in natürlicher Lagerung im unveränderten Ackerboden. Für quantitative Untersuchungen sind diese Verfahren aber nur sehr bedingt verwendbar.

Wie bereits in früheren Veröffentlichungen gezeigt wurde (Winter, 1939a, 1940), erlaubt nun die Messung des Laufhyphenwachstums von *Ophiobolus graminis* eine objektive Messung der Entwicklung des Pilzes unter verschiedenen Umweltbedingungen. *Ophiobolus graminis*, ein Askomyzet aus der Familie der *Pleosporaceen*, parasitiert auf Wurzeln und Halmbasen verschiedener Gramineen und verursacht im Weizenbau in Deutschland und anderen Teilen der Welt alljährlich erhebliche Verluste

[1]) Die Arbeit ist seit Dezember 1939 abgeschlossen. Infolge des Krieges hat sich die Veröffentlichung verzögert.

(Ophiobolose, Schwarzbeinigkeit, Halmtöter, take-all, white-heads). Sein parasitierendes Myzel ist gekennzeichnet durch eine Differenzierung in zwei ihrer Funktion nach grundsätzlich verschiedene Hyphentypen. Die eigentlichen parasitischen Myzelien, die sogenannten Infektionshyphen (infection hyphae, microhyphae) sind farblose, verhältnismäßig schmale, baumartig verzweigte Hyphen, die von der Epidermis aus ihre Fortsätze bis zu den Gefäßbündeln vortreiben und in vorgeschrittenen Stadien der Infektion den ganzen Querschnitt der Wurzel mit ihrem Geflecht durchziehen. Durch Zerstörung der Leitungsbahnen vernichten sie schließlich die Wirtspflanze. Auf der Oberfläche der Wurzeln wachsen dagegen breite, dunkelbraune Hyphen, die sogenannten Laufhyphen (runner hyphae, macrohyphae), von denen die farblosen, zierlicheren Infektionshyphen abzweigen. Die Laufhyphen dienen der Ausbreitung der Infektion auf der Wurzeloberfläche. Sie haben aber selber keine parasitischen Funktionen im eigentlichen Sinne. Die Ausbreitung der Laufhyphen ist unter den im natürlichen Boden vorhandenen Bedingungen völlig an die Wurzeloberfläche gebunden. Unter gewissen Verhältnissen (vgl. S. 227 ff.) können sie sich aber weitgehend oder völlig unabhängig von der Wurzel machen und saprophytisch leben. Diese Zwitterstellung muß auch in ihrem physiologischen Verhalten hervortreten. Sie sind unter natürlichen Verhältnissen, d. h. bei Bindung an die Wurzeloberfläche, weitgehend unabhängig vom Gehalt des Bodens an anorganischen oder organischen Nährstoffen, da die zahlreich abzweigenden Infektionshyphen sie optimal mit Nährstoffen versorgen. Experimentelle Beweise für diese Anschauung werden weiter unten gebracht (vgl. S. 222 ff.). Dagegen sind die Laufhyphen allen nicht mit dem Nährstoffgehalt des Bodens zusammenhängenden Einflüssen, wie ungünstigem pH, extraoptimaler Temperatur, ungünstiger Bodenfeuchtigkeit, Hemmungsstoffen u. dgl. ständig ebenso ausgesetzt wie jeder andere Bodenorganismus.

Der Pilz steht also biologisch und ökologisch zwischen einem bodenbewohnenden Saprophyten und einem echten Parasiten. Die Infektionshyphen bilden seine eigentlichen parasitischen Organe, während die Laufhyphen — im natürlichen Boden — bis auf die Nährstoffaufnahme den gleichen Einflüssen wie jeder echte bodenbewohnende Mikroorganismus unterliegen. Ja, auch die Abhängigkeit von der Wurzel in bezug auf die Nährstoffversorgung kann durch besondere Bedingungen unter Erhaltung der morphologischen Eigenarten völlig gelöst werden, so daß die „Laufhyphen“ dann einen völlig normalen saprophytischen Bodenpilz darstellen (vgl. S. 227 ff.). Ihre Ausbreitungsgeschwindigkeit wird also von einigen edaphischen und biotischen Faktoren grundsätzlich in gleicher Weise bestimmt wie das Wachstum anderer bodenbewohnender Pilze und Bakterien. Auch etwaige Resistenzänderungen der Wirtspflanze bei verschiedenen Ernährungsbedingungen haben nach den Beobachtungen von

Garrett (1934, Seite 672) und unseren eigenen Erfahrungen (Winter, 1939 a, b, c, d) keine Bedeutung für die Ausbreitung der Laufhyphen. Die experimentellen Untersuchungen, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegen, suchen nun insbesondere die Ursache für die bessere Entwicklung der Laufhyphen nach partieller Sterilisation des Bodens durch Hitze oder Chemikalien zu erfassen. Es interessiert hier also in besonderem Maße die Frage, ob diese Änderung des Laufhyphenwachstums mit Resistenzänderungen der Wirtspflanze in irgendwelchen Beziehungen steht. Wir konnten beobachten, daß die beschriebene bessere Entwicklung der Laufhyphen nicht nur für die Infektion des Weizens, sondern auch für das Wachstum des Pilzes an den Wurzeln von Hafer, Gerste, Weizen und zahlreichen Gräsern zutrifft. Ferner wurde durch Müller-Kögler (1938) festgestellt, daß partielle Sterilisation die Entwickung der Laufhyphen an den Wurzeln von Raps und Lein sehr stark fördert. Bereits diese Tatsachen machen es unwahrscheinlich, daß Resistenzänderungen der Wirtspflanze bei der beschriebenen Wirkung der partiellen Sterilisation Bedeutung zukommt. Man müßte schon die Annahme machen, daß durch die bei Erhitzung des Bodens erfolgenden chemischen Änderungen die Resistenz so verschiedener Pflanzen wie Weizen, Roggen, Hafer, Gerste, Lein und Raps gegen die Infektion durch *Ophiobolus graminis* stets in dem gleichen Sinne beeinflußt, und zwar geschwächt würde. Das ist aber um so unwahrscheinlicher, als infolge der bei Erhitzung des Bodens eintretenden Nährstoffaufschließung die Pflanzen sich im allgemeinen kräftiger entwickeln als im unbehandelten Boden. Entscheidend ist jedoch die Tatsache, daß auch das saprophytische Wachstum des Pilzes, also seine Entwicklung in Abwesenheit irgendwelcher anfälliger Pflanzen durch die partielle Sterilisation des Bodens außerordentlich stark gefördert wird. Wir kommen somit zu dem Schluß, daß die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen und insbesondere die Reaktion der Laufhyphen auf partielle Sterilisation nicht die Resultante einer komplizierten Wechselwirkung von Umwelt, Wirtspflanze und Parasit darstellt, sondern als einfacher Ausdruck der unmittelbaren Einwirkung der Umwelt auf die Laufhyphen zu werten ist.

Die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen ist nun leicht zu messen. Man infiziert die Wurzeln unmittelbar am Samen, indem man die Weizenkörner auf ein mit dem Pilz bewachsenes Agarstückchen legt, und mißt unter dem Binokular, wie weit die leicht sichtbaren Laufhyphen nach 14—16 Tagen an der Wurzel heruntergewachsen sind. Die Wurzeln ersetzen hier also den Objektträger der Cholodny-Methode, und die Bindung der Laufhyphen an die Wurzeloberfläche gestattet eine quantitative und objektive Beurteilung des Pilzwachstums. Das ist um so be-

merkenswerter, als gerade eine quantitative Bestimmung der Pilzentwicklung im natürlichen Boden auf erheblich größere Schwierigkeiten als eine Bakterienzählung stößt. Waksman und Starkey (1923c und andere Veröffentlichungen von Waksman) haben sich eingehend mit diesem Problem beschäftigt. Die mit Hilfe der Plattenmethode erhaltenen Werte beruhen auf der Zählung von Sporen und Myzelteilchen. Sie gestatten daher keine sicheren Rückschlüsse auf die Aktivität der Pilze im Boden, da Sporen und Myzelteilchen in physiologischer Hinsicht völlig ungleichwertig sind. Für die Periode größter Aktivität, d. h. lebhafter vegetativer Entwicklung unter günstigen Ernährungsbedingungen werden leicht relativ zu niedrige Werte gefunden. Die in der Regel bei ungünstigen Bedingungen unter Hemmung der Myzelentwicklung einsetzende Periode der Fruktifikation ergibt dagegen übermäßig hohe Keimzahlen. Die Messung der Laufhyphenausbreitung von *Ophiobolus graminis* geht dieser Schwierigkeit aus dem Wege.

Gegenüber der Platten-Aufwuchs-Methode fällt weiterhin der Vorteil ins Gewicht, daß eine unmittelbare Beobachtung der lebenden Hyphen im natürlichen Boden möglich ist. Infiziert man nämlich Weizen in Glasbehältern und sorgt dafür, daß die Wurzeln an der Glaswand entlang wachsen, so kann man die Entwicklung der Laufhyphen mit dem Binokular beobachten (vgl. S. 226/227).

Wir können an Hand der Laufhyphenentwicklung also den Einfluß verschiedener Umweltfaktoren unter wesentlich günstigeren Voraussetzungen als bei anderen Organismen studieren. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen stellt weiterhin ein exaktes Maß für die Infektion der Wirtspflanze dar. Diese Tatsache beruht auf folgenden Ursachen (vgl. Winter 1939a, 1940):

1. Die Infektionshyphen sind zu keinem erheblichen Wachstum in der Längsrichtung der Wurzel befähigt. Die Ausbreitung der Infektion erfolgt vielmehr durch die im Vergleich zu den Infektionshyphen viel rascher in der Längsrichtung der Wurzel wachsenden Laufhyphen; sie wird also durch die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen bestimmt.

2. Die Infektion wird erst tödlich für die Pflanze, wenn der Pilz an der Wurzelkrone alle dort entspringenden Wurzeln zerstört. In der Natur erfolgt aber die Infektion zumeist an den Wurzeln in einiger Entfernung von der Halmbasis. Die Geschwindigkeit, mit der die Laufhyphen von der Infektionsstelle aus entlang der Wurzel die Halmbasis erreichen, ist also für den Infektionsverlauf von entscheidender Bedeutung.

Für diese Annahme wurden folgende experimentelle Belege erbracht:

1. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen steigt mit der Anfälligkeit der Wirtspflanze gegen *Ophiobolus graminis.*

2. Sorgt man dafür, daß die Wurzeln erst in einigem Abstand von der Halmbasis infiziert werden, so leiden die Pflanzen um so schwerer, je

näher am Samen die Infektionsstelle liegt und je rascher die Laufhyphen zur Wurzelkrone vordringen.

Die Messung der Laufhyphenentwicklung von *Ophiobolus graminis* gestattet also einmal, den Einfluß verschiedener Umweltfaktoren auf einen „bodenbewohnenden Pilz" im natürlichen Boden zu untersuchen und andererseits, die Bedeutung edaphischer und biotischer Kräfte für eine wirtschaftlich wichtige Krankheit zu erkennen. Probleme der angewandten und theoretischen Bodenmikrobiologie werden also von den Untersuchungen in gleicher Weise berührt.

Es liegt nahe, diese günstigen methodischen Voraussetzungen insbesondere bei solchen Problemen auszuwerten, für deren Lösung unbedingt eine Durchführung der Untersuchungen im natürlichen Boden erforderlich ist. Hierher gehört vor allem die seit langem umstrittene Frage nach dem Einfluß der Bodenmikroben auf die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis.* Zwei Anschauungen stehen sich hier gegenüber:

1. Die eine Theorie, die durch Moritz ihre präzise Formulierung erfahren hat, nimmt an, daß die Bodenmikroben durch stärkere oder schwächere Bildung von Hemmungsstoffen oder — allgemeiner — Hemmungszuständen im Boden die Entwicklung des Pilzes und damit das Auftreten der Ophiobolose bestimmen. Moritz führte als erster das Auftreten der Krankheit auf leichten und die geringere Gefährdung des Weizens durch *Ophiobolus graminis* auf guten, schwarzerdeartigen Böden weniger auf physikalische oder chemische Eigenheiten als vielmehr auf quantitative oder qualitative Unterschiede in der Mikroflora dieser Bodentypen zurück.

2. Demgegenüber sieht Garrett — ausgehend von der starken Empfindlichkeit des Pilzes gegen hohe Kohlendioxydkonzentrationen — das entscheidende Moment für die Bindung der Ophiobolose an bestimmte Bodentypen in dem unterschiedlichen CO_2-Gehalt der Bodenluft bzw. der Rhizosphäre.

Entscheidend für die Aufstellung beider Theorien war die Beeinflussung der Infektionsstärke durch Sterilisation des Bodens. Nach den Untersuchungen von Broadfoot (1930), Moritz (1932), Garrett (1934, 1936, 1937), Müller-Kögler (1938) und Winter (1939 a, b, c, d) schafft Erhitzung des Bodens in strömendem Dampf oder unter erhöhtem Druck nämlich wesentlich günstigere Voraussetzungen für die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis.* Die Entwicklung der Laufhyphen wird in mehr oder minder starkem Maße gefördert. Moritz führte diese Erscheinung auf die Abtötung antagonistischer Bakterien zurück. Garrett sprach dagegen, nachdem er in seinen ersten Arbeiten diese Theorie unterstützt hatte, in späteren Veröffentlichungen die Vermutung aus, daß die bei der Erhitzung erfolgende Umwandlung der Bikarbonate in Karbonate das entscheidende Moment für die bessere Entwick-

lung der Laufhyphen sei. Die Karbonate sollen unter Bildung von Bikarbonaten das vom Edaphon oder den Wurzeln ausgeschiedene Kohlendioxyd abbinden, also den CO_2-Gehalt der Bodenluft herabsetzen und auf diese Weise die Entwicklung des Pilzes begünstigen.

Leider sind die bisherigen Untersuchungen über dieses Problem auf einer verhältnismäßig schmalen Basis aufgebaut. Es wurde nicht oder unzureichend berücksichtigt, daß es sich bei der „stimulierenden" Wirkung der Bodenerhitzung auf die Entwicklung der Laufhyphen nur um einen Einzelfall des mikrobiologischen Phänomens der partiellen Sterilisation handelt. Die teilweise Abtötung der Bodenmikroben durch Erhitzung des Bodens oder Behandlung mit verschiedenen Chemikalien, also eine partielle Sterilisation, erhöht — nach anfänglicher, aber rasch vorübergehender Hemmung — Zahl und Aktivität von Bakterien und Pilzen um ein Mehrfaches gegenüber der unbehandelten Erde. Nun werden durch partielle Sterilisation aber nicht nur einzelne Mikrobenarten vernichtet oder Bikarbonate in Karbonate übergeführt, sondern eine Reihe weiterer Bodeneigenschaften weitgehend verändert. Dementsprechend wird für die „stimulierende" Wirkung der partiellen Sterilisation in dem vorliegenden Schrifttum weniger die Zerstörung antagonistischer Mikroben als vielmehr Nährstoffaufschließung, Stimulationswirkungen u. a. verantwortlich gemacht. Auch diese, bei Untersuchung der Beziehung zwischen Bodenerhitzung und Entwicklung von *Ophiobolus graminis* bisher vernachlässigten Gesichtspunkte sind daher in unsere Erörterungen einzubeziehen. Es erscheint also zweckmäßig, einer Diskussion und experimentellen Untersuchung der mit dem Phänomen der partiellen Sterilisation bei *Ophiobolus graminis* zusammenhängenden Fragen eine Darstellung unseres heutigen Wissens über das Problem der partiellen Sterilisation schlechthin vorauszuschicken. Allerdings sollen nur das eigentliche Ziel unserer Untersuchungen unmittelbar betreffende Gesichtspunkte berührt werden. Von dieser breiteren Basis aus werden wir das Problem in seiner Vielgestaltigkeit erkennen und die entscheidenden Fragestellungen gewinnen, d. h. eine experimentelle Lösung ermöglichen.

B. Das Problem der partiellen Sterilisation in der Bodenmikrobiologie

a) Allgemeines

Die günstige Wirkung der Bodenerhitzung auf die spätere Entwicklung der Bakterien wurde zuerst von Osmun (1906) und Fischer (1909) beobachtet. Ein mit Dampf sterilisierter Boden ließ nach der Reinfektion ein riesiges Anschwellen der Bakterienzahlen erkennen. Demolon und Boischot (1923) und Lundblad (1930) berichten, daß Erhitzen eines Humusbodens für 15 Minuten auf 100° C die Aktivität der Bodenmikroben gemessen an der CO_2-Bildung außerordentlich erhöht. Schließlich haben Waksman und Starkey (1923 a, b, c) den Einfluß

einer Erwärmung des Bodens (65° C 1 Std.) auf die Keimzahlen untersucht. Die Zahl der Bakterien und Pilze stieg nach der Behandlung um mehrere hundert Prozent gegenüber der Kontrolle. Sie nahm nach einiger Zeit jedoch wieder ab, um allmählich auf den Kontrollwert zurückzugehen (vgl. auch Burgeß 1929). Bekannt ist insbesondere auch das häufige Auftreten von *Pyronema confluens* auf erhitzten Stellen des Bodens, sei es in freier Natur (Kohlenmeiler) oder in Versuchsgefäßen (Kosaroff 1907, Nowogrudskij 1936, Robinson 1926). Auch die Entwicklung anderer parasitischer Pilze wird durch Erhitzung des Bodens in gleicher Weise wie die Ausbreitung der Laufhyphen begünstigt. So erfolgt nach Hiltner und Peters (1905) die Infektion der Rübensämlinge durch den Erreger des Wurzelbrandes im sterilisierten Boden heftiger als in natürlicher Erde (vgl. auch Hartley 1921).

Wie die angegebenen Temperaturen zeigen, braucht es nur zu einer teilweisen Zerstörung des Edaphons, also zu einer partiellen Sterilisation zu kommen, um die erhöhte Aktivität der Bodenflora auszulösen. Eine partielle Sterilisation des Bodens läßt sich aber auch durch Behandlung mit verschiedenen Chemikalien wie Alkohol, CS_2, Toluol, Chloroform, Naphthalin, Benzol u. a. erreichen. Auch die Einwirkung dieser Stoffe löst eine Steigerung der Keimzahlen aus, die nach Erreichen eines Maximalwertes allmählich wieder abklingt. Diese Beobachtung wurde zuerst von Hiltner und Störmer (1903) bei Behandlung des Bodens mit Schwefelkohlenstoff gemacht. Nach Störmer (1907, Tab. 2) ruft eine partielle Sterilisation mit Tetrachlorkohlenstoff, Benzol, Xylol, Phenol und p-Kresol die gleiche Wirkung hervor. Van Suchtelen (1910) stellte desgleichen nach Behandlung des Bodens mit Schwefelkohlenstoff eine gesteigerte Aktivität der Bodenmikroben — gemessen an der CO_2-Produktion — fest. Die Steigerung der Bakterienzahlen nach Einwirkung von Toluol wurde von Russell und Hutchinson (1909, 1913) und Fred (1911, 1916) eingehend untersucht. Schließlich haben Waksman und Starkey in ihren ausgezeichneten Untersuchungen die beschriebene „stimulierende“ Wirkung der partiellen Sterilisation des Bodens mit Schwefelkohlenstoff und Toluol nicht nur für Bakterien, sondern auch für Pilze nachgewiesen.

Es mag zunächst überraschen, wenn Waksman (1932, S. 829) unter den wichtigsten Problemen der Bodenmikrobiologie das Phänomen der partiellen Sterilisation anführt. Es bestehen nun aber einerseits Beziehungen zwischen der Bodenfruchtbarkeit und der Aktivität bzw. Zahl der Bakterien (Waksman und Starkey 1924 b), andererseits ist die Zahl der Mikroben (Pilze und Bakterien) im Boden in einem inneren Gleichgewicht (Hiltner und Störmer 1903, Waksman und Starkey 1923 a, b, c), d. h. die Gesamtzahl der Keime bzw. das zahlenmäßige Verhältnis der einzelnen Gruppen ist unter gleichbleibenden Bedingungen

konstant. Die partielle Sterilisation greift offensichtlich in dieses Gleichgewicht ein und beseitigt den vorher begrenzenden Faktor für die Entwicklung der Mikroben. Damit ergibt sich die Möglichkeit, die Ursachen für die Begrenzung der Bakterienzahlen im Boden zu untersuchen. Wollen wir insbesondere Art und Zahl der Bodenmikroben sowie ihre physiologischen Leistungen in die jeweils gewünschte Richtung lenken, so gilt es zunächst, den Einfluß aller Faktoren chemischer und physikalischer Art, darüber hinaus aber alle zwischen den Organismen wirkenden Kräfte zu erfassen. Einblick in die innerhalb des Edaphons bestehenden Korrelationen kann nun auf zwei grundsätzlich verschiedenen Wegen gewonnen werden:

1. Man beobachtet die in künstlichen Nährmedien bei Zusammentreffen verschiedener reinkultivierter Mikroben auftretenden wechselseitigen Beeinflussungen.

2. Man untersucht, in welcher Weise unmittelbar im Boden oder durch Auszählung auf selektiven Nährböden in ihrer Entwicklung kontrollierbare Mikroben durch Zufuhr oder Ausschaltung einzelner Mikrobenarten, d. h. partielle Sterilisation, beeinflußt werden. Oder man prüft die resultierenden Veränderungen in der Gesamtzahl der Bakterien oder Pilze.

Das erstgenannte Verfahren wird wertvolle Aufschlüsse geben können, in welcher Weise sich verschiedene Bodenmikroben hemmend oder fördernd beeinflussen. Ein grundsätzlicher Mangel dieser Methode besteht aber darin, daß, wie die Untersuchungen von Broadfoot (1933), van Luijk (1938), Greaney und Machacek (1935) und van Eek (1937) gezeigt haben, die Art der gegenseitigen Beeinflussung zweier Mikroben von der Art des Nährmediums abhängt. Diese Erscheinung ist sehr leicht verständlich, da die Korrelationen zwischen verschiedenen Mikroben in der Regel auf bestimmten, im Verlaufe der enzymatischen Zersetzungstätigkeit gebildeten Abbauprodukten beruhen werden, deren Art selbstverständlich vom Nährboden abhängt. Diese Schwierigkeit ist bisher besonders bei dem Versuch hervorgetreten, die in künstlicher Kultur beobachtete Wirkung der Protozoen auf Zahl und Leistung der Bakterien auf natürliche Verhältnisse zu übertragen (vgl. Waksman 1937). Auch Verwendung sterilisierter Erde eröffnet hier keinen Ausweg, da die Sterilisation die Erde physikalisch, chemisch und biologisch völlig umgestaltet und sie zu einem künstlichen Nährboden stempelt (vgl. S. 205 ff.). Die gebildeten Abbauprodukte sind in sterilisierter Erde nicht nur infolge der chemischen Umwandlung des Bodens und der starken Nährstoffaufschließung (vgl. S. 205 ff.) andere als im natürlichen Boden; es fehlt im sterilisierten Boden der Einfluß der übrigen Mikroben auf die untersuchten Organismen und insbesondere der weitere Abbau und die Umformung der Stoffwechselprodukte durch das Edaphon. Ein Einblick in

die im natürlichen Boden bestehenden Korrelationen ist also auf diesem Wege schwerlich zu gewinnen.

Ließe sich die Ausschaltung einzelner Organismengruppen im Boden ohne jede chemischen oder physikalischen Änderungen durchführen, so könnte man an Hand der nach Vernichtung verschiedener Arten erfolgenden Reaktion der überlebenden Teile des Edaphons einen Einblick in die Bedeutung bestimmter Mikrobengruppen für Art, Zahl und Aktivität der im natürlichen Boden verbliebenen Organismen gewinnen. Leider wird aber durch die uns heute zur Vernichtung einzelner Teile des Edaphons, d.h. zur partiellen Sterilisation zur Verfügung stehenden Mittel — nämlich Hitze oder verschiedene Antiseptika, wie Toluol, Schwefelkohlenstoff, Naphthalin u.a. — auch der chemische Aufbau des Bodens stark in Mitleidenschaft gezogen. Auch bei diesem Verfahren arbeitet man also nicht mit natürlichem Boden. Vor allem wird durch die partielle Sterilisation aber nicht ein Faktor, nämlich das Edaphon, sondern eine Anzahl verschiedener Bodeneigenschaften mehr oder minder stark verändert.

Trotz aller Schwierigkeiten hat man versucht, die sich bei der partiellen Sterilisation abspielenden Teilprozesse zu erkennen und das in der Abtötung bestimmter Mikroben bestehende rein biotische Moment mit seinen Auswirkungen von den physikalischen und chemischen Prozessen abzusondern. Das hat seine Ursache nicht zum mindesten in der Tatsache, daß mit der partiellen Sterilisation vom praktischen Standpunkt aus besonders interessierende Ertragssteigerungen zahlreicher Kulturpflanzen verbunden sind. Es ist daher verständlich, daß die Mehrzahl der Untersuchungen diejenigen im Verlaufe der partiellen Sterilisation erfolgenden Prozesse zu erfassen suchte, die mit dieser Wirkung in Zusammenhang stehen. Bedenkt man, daß die Lebensansprüche der Bakterien und Pilze sowie der höheren Pflanzen in manchen Dingen gleichgerichtet sind, so kann es nicht überraschen, daß im Verlaufe dieser Arbeiten Tatsachen entdeckt wurden, die nicht nur für die Wachstumssteigerung der Kulturpflanzen von Bedeutung sind. Sie werfen vielmehr auch manches Licht auf die Ursachen der Keimzahlerhöhungen nach partieller Sterilisation natürlicher Böden. Die Untersuchungen, die sich mit der Wirkung der partiellen Sterilisation auf höhere Pflanzen befassen, müssen daher zum Teil auch in diesem Zusammenhang berücksichtigt werden.

Zur Erklärung des besseren Wachstums höherer Pflanzen, der Bakterien und Pilze nach partieller Sterilisation des Bodens sind verschiedene Theorien entwickelt worden. Es sind dies

1. die Protozoentheorie,
2. die Theorie der direkten Stimulation,
3. die Theorie der Nährstoffaufschließung und
4. die Theorie der Antagonisten- oder Toxinzerstörung.

Der Erörterung des Problems der partiellen Sterilisation bei *Ophiobolus graminis* sei eine zusammenfassende Darstellung der bisherigen Untersuchungen vorausgeschickt, soweit sie eine der genannten Hypothesen berühren. Nur eine eingehende Kenntnis der bei partieller Sterilisation erfolgenden Verschiebungen der im natürlichen Boden vorhandenen Faktorenkonstellation kann die Basis verschaffen, von der aus das Problem eingeengt und aus der Fülle der stattfindenden Reaktionen das für *Ophiobolus graminis* entscheidende Moment herausgelöst werden kann.

b) Die Protozoentheorie

Diese von Russell und Hutchinson (1909, 1913) aufgestellte Theorie nimmt an, daß die Zahl der Bakterien im Boden durch die Fraßtätigkeit der Protozoen begrenzt wird. Bei der partiellen Sterilisation sollen dann die Protozoen abgetötet werden, während die überlebenden Bakterien sich — der Kontrolle der Protozoen entzogen — lebhaft vermehren. Die gesteigerte Aktivität der Bakterien führt zu der nach der partiellen Sterilisation in der Regel zu beobachtenden NH_3-Ansammlung und damit zu der besseren Entwicklung der höheren Pflanzen. In Übereinstimmung mit dieser Hypothese konnten Russell und Hutchinson beobachten, daß die Bakterienzahlen abnehmen, wenn der toluolbehandelte Boden mit der gleichen unbehandelten und daher protozoenhaltigen Erde reinfiziert wurde. Wurde dem partiell sterilisierten Boden dagegen ein Filtrat des unbehandelten Bodens zugefügt, das nach Filtration durch Baumwolle zwar Bakterien, aber keine größeren Organismen (Protozoen) mehr enthielt, so trat keine Abnahme, sondern sogar eine Zunahme der Bakterienzahlen ein. Also nicht etwa bei der Toluolbehandlung abgetötete antagonistische Bakterien oder Pilze, sondern die bei der partiellen Sterilisation vernichteten Protozoen stellen im unbehandelten Boden den begrenzenden Faktor für die Entwicklung der Bakterien dar. Der öfters erhobene Einwand, daß im Ackerboden Protozoen nur als Cysten vorkämen (Koch 1915, 1916; Goodey 1915; Moore 1912), ist hinfällig, da Martin und Lewin (1914), Waksman (1916 a, b), Cutler (1920), Cutler und Crump (1920), Cutler, Crump und Sandon (1922), Goodey (1916), Cunningham (1915) und Allison (1924) aktive Protozoen im Boden nachweisen konnten. Nach Cutler (1923) entwickeln sich in einen völlig sterilen Boden geimpfte Bakterien allein besser als bei Gegenwart von Protozoen (vgl. auch Hoffmann 1905; Huntemüller 1905). Auch Cunningham berichtet über erhebliche Abnahme der Bakterienzahlen in künstlicher Kultur bei Zugabe von Protozoen. Cutler und Crump (1920) fanden, wenn sie zwischen der Zahl der encystierten (cystic) und aktiven (trophic) Amöben unterschieden, eine überaus deutliche Korrelation zwischen der Zahl der aktiven Amöben und der Bakterien in einem Weizenschlag in Rothamsted. Die Zahl der

Bakterien war der Entwicklung der aktiven Amöben umgekehrt proportional. Diese Beobachtung wurde von Cutler, Crump und Sandon (1922) bei Auszählung der Protozoen und Bakterien an 365 aufeinanderfolgenden Tagen bestätigt. Goodey (1916) konnte durch Impfung eines Bodens mit Amöba limax eine Depression der Bakterienzahlen erzielen. Auch Cunningham (1915) beobachtete nach Zugabe von Protozoen zu einem mit Formaldehyd partiell sterilisierten Boden eine sehr starke Abnahme der Bakterienzahlen gegenüber der Kontrolle. Ebenso fand Telegdy-Kovats (1928) umgekehrte Proportionalität zwischen der Entwicklung der Protozoen und Bakterien. Auch Jakobs (1931) beobachtete bei Naphthalin-Behandlung eines Bodens, daß jede Periode starker Aktivität der Amöben sich in einer Abnahme der Bakterienzahlen auswirkt. Schließlich konnten Cutler und Bal (1926) nachweisen, daß *Colpidium colpoda* und *Hartmanella hyalina*, zwei der häufigsten Bodenprotozoen, *Azotobacter chroococcum* in beträchtlichem Umfang als Nahrung aufnehmen.

Schwierigkeiten mußten der Protozoentheorie folgende Beobachtungen bereiten: Nach Waksman (1916 a, b) beeinträchtigen Protozoen die ammonifizierende Tätigkeit der Bakterien nicht. Meiklejohn (1930, 1932) berichtet sogar, daß die Ammoniakbildung durch ein Bodenbakterium bzw. Gemische zweier Arten bei Gegenwart von Protozoen gesteigert ist. Die gleiche stimulierende Wirkung von Protozoen fanden Cutler und Crump (1929) und Telegdy-Kovats für die CO_2-Produktion verschiedener Bakterien. Ebenso stellten Nasir (1923), Cutler und Bal (1926), Keizo Hirai und Iwao Hino (1926) und Telegdy-Kovats (1927) fest, daß die Stickstoffbindung von *Azotobacter chroococcum* durch die Gegenwart von Protozoen gesteigert wird. Dabei konnte aber von Fedorowa-Winogradawa (1928) und Cutler und Crump (1929) für *Azotobacter* trotz der erhöhten Bindung elementaren Stickstoffs eine Abnahme der *Azotobacter*-Zahlen durch die Fraßtätigkeit der Protozoen beobachtet werden. Auch in den Untersuchungen von Telegdy-Kovats (1932) und Meiklejohn (1930, 1932) war die erhöhte CO_2- bzw. NH_3-Bildung in Gegenwart von Protozoen mit einer Abnahme der Bakterienzahlen verbunden. Meiklejohn (1932) konnte zeigen, daß die physiologische Leistung pro Individuum (efficiency) der untersuchten Bakterien auch in Abwesenheit von Protozoen mit der Zahl der in der Lösung vorhandenen Mikroorganismen regelmäßig abnimmt. Die phagocytäre Tätigkeit der Protozoen beeinflußt daher die Zahl der Bakterien in einem für die physiologische Gesamtleistung der Bakterienkultur günstigen Sinne. Es kommt hinzu, daß die Bakterien durch die Fraßtätigkeit der Protozoen länger als normal in einem Stadium lebhafter Vermehrung und damit gesteigerten Stoffwechsels bleiben (vgl. auch Cutler und Bal 1926).

Diese Tatsachen bestätigen also zwar auch die Annahme, daß die Protozoen unter bestimmten Bedingungen einen begrenzenden Faktor für die Zahl der Bakterien darstellen können. Sie zeigen aber andererseits, daß diese regulierende Tätigkeit unter Umständen eine für die Aktivität der Bodenbakterien und damit für die Bodenfruchtbarkeit günstiges Moment werden kann. Die Theorie von Russell und Hutchinson basierte aber auf der Voraussetzung, daß die Protozoen durch ihre phagocytäre Tätigkeit nicht nur die Zahl, sondern automatisch auch die physiologische Leistung (die NH_3- und CO_2-Bildung) der Bakterien hemmen. Schwer verständlich bleibt daher für die Protozoentheorie, daß nach der partiellen Sterilisation infolge der gesteigerten Aktivität der Bakterien eine NH_3-Anhäufung und gesteigerte CO_2-Bildung einsetzt. Nach den vorstehenden Untersuchungen wäre unter Voraussetzung ihrer Gültigkeit im natürlichen Boden das Gegenteil zu erwarten. Für die Stimulations-, die Nährstoffaufschließungs- und die Antagonistentheorie wären diese Beziehungen zwischen Bakterienzahl und „efficiency" bei gleichbleibender Nährlösung kein Problem. Dem Ansteigen der Bakterienzahlen könnte nämlich infolge der Nährstoffaufschließung, der Stimulation oder der Beseitigung der Hemmungsstoffe, kurzum infolge völliger Umgestaltung der Umweltbedingungen eine Erhöhung der physiologischen Leistung entsprechen.

Diese widerspruchsvolle Situation erklärt sich wohl zum Teil aus der Art der Versuchsanstellung. Die an sich exaktesten Untersuchungen über den Einfluß der Protozoen auf Zahl und Leistung der Bakterien wurden in Reinkulturen auf künstlichen Nährmedien, also unter gut kontrollierbaren Bedingungen durchgeführt. Man machte also die stillschweigende Voraussetzung, daß das Verhalten der Protozoen, bzw. die Reaktion der Bakterienentwicklung auf die Gegenwart dieser Organismen unter künstlichen Bedingungen und im natürlichen Ackerboden gleich sei, also von keinerlei Faktoren biotischer oder physikalisch-chemischer Natur wesentlich beeinflußt würde. Bereits Koffman (1934) hat aber darauf hingewiesen, daß indirekte Schlüsse über die Bedeutung der Protozoen in natürlichen Böden, wie sie durch Untersuchung in künstlichen Nährmedien gewonnen werden, nicht statthaft sind, da die Protozoen aus verschiedenen Gründen (Größenreduktion, geringere Zahl) im Boden sicherlich einen viel geringeren Einfluß auf die Bakterienentwicklung besitzen als in künstlichen Nährmedien.

Auf eine weitere schwerwiegende Lücke in der Protozoentheorie hat Waksman (1937) aufmerksam gemacht. Russell und Hutchinson übersahen nämlich, daß nicht nur die Bakterien, sondern vor allem auch Pilze und Actinomyceten an der Zersetzungstätigkeit im Boden, also der CO_2- und NH_3-Bildung recht erheblichen Anteil haben. Wir wissen aber durch die Untersuchungen von Waksman und Starkey, daß auch die

Entwicklung dieser Organismen, die schwerlich den Protozoen als Nahrung dienen, durch die partielle Sterilisation ganz auffällig gefördert wird. Die gesteigerte CO_2- und NH_3-Bildung kann daher keinesfalls, wie es Russell und Hutchinson postulieren, nur auf die erhöhte Aktivität der Bakterien, d. h. nach der Protozoentheorie auf die Vernichtung der Protozoen zurückgeführt werden.

Gegen die allgemeine Gültigkeit der Theorie von Russell und Hutchinson spricht weiterhin die Beobachtung von Greig-Smith (1912), Sherman (1914, 1916 a, b) und Hills (1916), daß die Gegenwart von Protozoen keinen Einfluß auf die Bakterienzahl bzw. ihre physiologische Leistung im Boden hat. Nach Greig-Smith (1912) und Goodey (1915) ist Zugabe von Amöben zu einem Boden, der mit Chloroform partiell sterilisiert wurde, wirkungslos. Dabei konnten Hill und Sherman in Reinkulturen den ungünstigen Einfluß von Protozoen auf Bakterien beobachten. Auch nach diesen Befunden lassen sich die in künstlicher Kultur gewonnenen Erfahrungen also nicht ohne weiteres verallgemeinern und auf den natürlichen Erdboden übertragen. Nach Sherman laufen überdies Protozoen- und Bakterienentwicklung nach partieller Sterilisation parallel. Reinfizierung eines partiell sterilisierten Bodens setzt im Gegensatz zu den Erfahrungen von Russell und Hutchinson die Bakterienzahl nicht herab. Desgleichen bestehen nach Koch (1916) keine Beziehungen zwischen der Entwicklung von Protozoen und Bakterien. Auch Waksman hat (1923 a) beobachtet, daß Reinfektion typenmäßig sehr verschiedener, mit Toluol oder Hitze (65° C) partiell sterilisierter Böden mit 5% derselben unbehandelten Erden die Bakterienzahlen ganz auffallend steigert.

Nach Greig-Smith (1912), Sherman (1914, 1916 a, b), Kelley (1915), Gainey (1912) und Fred (1912) werden bei der partiellen Sterilisation mit flüchtigen Antisepticis (Toluol, CS_2 bzw. Naphthalin) die Protozoen bzw. ihre Cysten nicht abgetötet. Nach Sherman wird desgleichen durch die gewöhnlich bei der partiellen Sterilisation gebrauchten Mengen flüchtiger Antiseptica (1—2%) die Mannigfaltigkeit der Protozoenfauna nicht beeinträchtigt. Reinfektion eines durch Hitze oder Chemikalien partiell oder völlig sterilisierten Bodens mit 1% unbehandelter Erde vermindert (Sherman) die Bakterienentwicklung nicht, obwohl die Zahl der Protozoen durch die Reinfektion erhöht wird. Auch die folgenden Beobachtungen von Sherman lassen den geringen Einfluß der Protozoen auf die Bodenbakterien erkennen: Bei 37° C sind infolge ungünstiger Temperatur nur wenige Protozoen im Boden vorhanden; dennoch beeinflußt partielle Sterilisation mit Schwefelkohlenstoff das Wachstum der Bakterien deutlich. Desgleichen ist die Reaktion der Bakterien auf Schwankungen der Temperatur oder Bodenfeuchtigkeit unabhängig von der Gegenwart oder Abwesenheit der Protozoen.

Schwerwiegende experimentelle Beweise gegen die Protozoentheorie oder zumindest ihre allgemeine Gültigkeit haben insbesondere auch Waksman und Starkey (1923 a, b, c) erbracht. Bei partieller Sterilisation verschiedenartiger Böden mit 0,1% Toluol wurde gerade in dem Boden (7 B), in dem die Protozoen im Gegensatz zu den anderen Böden durch die Behandlung nicht gelitten hatten, der höchste Anstieg der Bakterienzahlen gefunden. Dasselbe Verhalten zeigt dieser Boden nach Behandlung mit 1% Toluol. 55 Tage nach der partiellen Sterilisation läßt er von allen Böden den höchsten Anstieg der Bakterienzahlen und gleichzeitig die stärkste Protozoenentwicklung erkennen. Der größte Gewinn an löslichem Stickstoff gegenüber der Kontrolle wurde in dem Boden 5 A nach Behandlung mit 0,1% Toluol gefunden. Bereits 12 Tage nach der partiellen Sterilisation enthielt diese Erde wieder Protozoen, die aber den Anstieg der Bakterienzahlen und die damit verbundene starke NH_3-Bildung nicht verhindern konnten. Wurden verschiedene Böden mit 2% Toluol behandelt und zum Teil mit 5% unbehandelten Bodens reinfiziert, so lagen die Bakterienzahlen bis zu 60 Tagen nach der Toluolgabe in den reinfizierten Serien um mehrere 100% über den in den unbehandelten Kontrollen gefundenen Werten. Dabei war die Protozoenentwicklung in den reinfizierten Serien stärker. Desgleichen war das Bakterienwachstum in den toluolbehandelten aber reinfizierten, d. h. zusätzlich mit Protozoen beimpften Böden bis zum 60. Tag nach der partiellen Sterilisation kräftiger als in den nur mit Toluol behandelten Böden, die weniger Protozoen enthielten. „There was no correlation however, between the numbers of bacteria and development of protozoa.“ Diese Befunde wurden durch die Untersuchungen von Koffman (1934) bestätigt. Er beobachtete, daß die Zugabe von Protozoen zu partiell sterilisierten Böden (mit Toluol oder Hitze behandelt) die Ammoniak- und Nitratbildung eher fördert als hemmt. Direkte mikroskopische Beobachtungen an Bodenaufschlämmungen ließen zwar die Gegenwart aktiver d. h. nicht encystierter Protozoen erkennen, sie treten aber gegenüber den Bakterien und anderen Mikroorganismen an Zahl und Masse zurück. Eine erhebliche Bedeutung für den Stoffumsatz im Boden scheinen sie daher nicht zu besitzen.

Die Protozoentheorie kann also sicherlich keine allgemeine Gültigkeit besitzen. Die Protozoen scheinen — wenn überhaupt — nur unter besonderen Bedingungen einen bestimmenden Einfluß auf die Entwicklung der Bakterien auszuüben. Nach Waksman und Starkey (1923 a, b, c) und Waksman (1916 a, b) könnte ihnen in dieser Hinsicht nur auf sehr feuchten Böden, also in Gewächshäusern oder auf Rieselfeldern einige Bedeutung zugesprochen werden. Besonderer Wert scheint mir in diesem Zusammenhang dem Urteil solcher Autoren zuzukommen, die, obwohl sie Anzeichen für die begrenzende Wirkung der Protozoen auf die

Bakterienentwicklung fanden, dennoch den beschränkten Gültigkeitsbereich der Protozoentheorie, insbesondere für die Erklärung des Phänomens der partiellen Sterilisation, klar erkannten. So beobachtete Waksman (1916 b) zwar Beziehungen zwischen der Protozoen- und der Bakterienentwicklung, die sich im Sinne der Protozoentheorie deuten ließen; dennoch erkennt er bereits damals die Schwäche dieser Hypothese, denn „the action of toluene and heat is greatest upon soils having a high content of organic matter, whether the protozoa are active or not". Die Erkenntnis der Bedeutung chemischer Umsetzungen für den Erfolg der partiellen Sterilisation drückt sich in diesen Worten klar aus. Zwar waren sich auch Russell und Hutchinson darüber im klaren, daß die partielle Sterilisation nicht unerhebliche Änderungen im chemischen Gefüge des Bodens auslösen wird, sie glaubten jedoch, diese Prozesse neben dem ihrer Ansicht nach entscheidenden Einfluß der Protozoenvernichtung vernachlässigen zu können. Ebenso beobachtete Skinner (1927) nach Zugabe von *Hartmanella hyalina* zu partiell sterilisiertem Boden eine Hemmung der CO_2- und NH_3-Bildung sowie eine Abnahme der Bakterienzahlen. Dennoch kommt er zu dem Schluß, daß die Protozoen in dem von ihm untersuchten Boden nur einen der begrenzenden Faktoren für die Entwicklung der Bakterien darstellen. Er beobachtete nämlich, daß eine Infektion des gleichen partiell sterilisierten Bodens, auf dem also die Protozoen einen gewissen Einfluß auf das Bakterienwachstum besitzen, mit *Trichoderma Koningii* und *Penicillium sp.* das Bakterienwachstum viel stärker hemmt als die Gegenwart von *Hartmanella hyalina*. Auch auf eine andere Tatsache weist Skinner mit Recht hin. Nach Waksman und Starkey (1923 a, b, c) und Lebedjantzev (vgl. S. 248) begünstigt Trocknen und erneutes Anfeuchten des Bodens gleich der partiellen Sterilisation durch Hitze oder Chemikalien die Bakterienentwicklung sehr deutlich, ohne aber die Protozoen in Mitleidenschaft zu ziehen (vgl. Waksman 1932 S. 719).

Die phagocytäre Tätigkeit der Protozoen mag also in einigen Böden unter besonderen Bedingungen Aktivität und Zahl der Bakterien beeinflussen. Zur Erklärung des Phänomens der partiellen Sterilisation reicht die Protozoentheorie — ganz abgesehen von den Schwierigkeiten, wie sie durch die gegenläufige Beeinflussung von Zahl und physiologischer Leistung der Bakterien in Gegenwart von Protozoen entstehen — unter keinen Umständen aus. Sie mag einen Teilvorgang aus dem Nebeneinander verschiedenartiger, vom Bodentyp abhängiger Prozesse erfassen, die zur Wachstumssteigerung der Bakterien nach partieller Sterilisation führen. Das bessere Wachstum der Bodenpilze nach Erhitzung oder einer anderen Form der partiellen Sterilisation kann jedoch nicht durch die Protozoentheorie erklärt werden. Wir haben nämlich keinen Grund zu der Annahme, daß die Protozoen sich in nennenswertem Um-

fang von Pilzhyphen ernähren. Auch das gesteigerte Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation des Bodens muß daher auf anderen Ursachen beruhen.

c) Die Theorie der direkten Stimulation

Diese Hypothese (Koch 1899, 1907) nimmt an, daß die Steigerung des Pflanzenwachstums und der Keimzahlen auf der Reizwirkung kleiner im Boden verbliebener Mengen von Schwefelkohlenstoff oder anderer zur partiellen Sterilisation benutzter Chemikalien beruht. So konnte Koch eine Reizwirkung geringer Mengen Äther auf Hefen beobachten. Ausführliche experimentelle Unterlagen hat Fred (1912) erbracht, der für Äther, Schwefelkohlenstoff u. a. Gifte eine stimulierende Wirkung auf Mikro-Organismen nachweisen konnte, wenn sie in entsprechender Verdünnung angewandt wurden. Auch Gainey (1912) und Greig-Smith (1915) konnten eine Reizwirkung geringer Mengen von Chloroform. Toluol oder Schwefelkohlenstoff auf Bakterien beobachten. Nach Waksman und Starkey (1923 a) bewirkt Behandlung verschiedener Böden mit 0,1% Toluol unmittelbar nach der Behandlung kein Absinken der Bakterienzahlen, wie es bei Anwendung höherer Toluolgaben infolge ihrer sterilisierenden Wirkung der Fall ist, sondern äußert sich in einer sofortigen Stimulation der Bakterien. Einen stimulierenden Einfluß von Schwefelkohlenstoff auf das Wachstum höherer Pflanzen beobachteten Egorow (1908) und Fred (1912).

Gegen die Reiztheorie spricht die Beobachtung von Moritz und Scherpe (1905), daß eine Schwefelkohlenstoffgabe noch im 2. und 3. Jahre nach der Behandlung ertragssteigernd wirkt. Ferner ist es mit dieser Hypothese nicht in Einklang zu bringen, daß nach Moritz und Scherpe (1905) steigenden CS_2-Mengen steigende Erträge parallel gehen. Zumal Waksman und Starkey (1923 a) nachgewiesen haben, daß die abtötende Wirkung auf Bakterien und Pilze der Konzentration des Desinfiziens parallel geht, scheint es sich nicht um eine unmittelbare Stimulation der Pflanze, sondern um ein unter Einschaltung des Edaphons verlaufendes Phänomen zu handeln, eine Vermutung, die zuerst von Hiltner und Störmer (1903) ausgesprochen wurde. Die von Koch (1899) und Fred (1912) gegen die Annahme von Hiltner und Störmer angeführte Beobachtung, daß die Behandlung sterilen Bodens mit Schwefelkohlenstoff zu einer Ertragssteigerung führt, konnte von Moritz und Scherpe nicht bestätigt werden.

Immerhin bleibt die Stimulationstheorie bei Untersuchungen über die Wirkung partieller Sterilisation mit Schwefelkohlenstoff oder ähnlichen Giften auf die Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* zu berücksichtigen.

d) Die Theorie der Nährstoffaufschließung

Die Nährstoffaufschließung bei partieller Sterilisation kann auf verschiedene Weise erfolgen:

a) Durch chemische Veränderung der unbelebten Bestandteile bei erhöhter Temperatur,
b) durch chemische Umsetzung unbelebter Bodenbestandteile infolge Einwirkung der Antiseptika,
c) durch Zerstörung von Organismen durch Hitze oder Antiseptika,
d) oder die zugefügten Chemikalien dienen als Nährstoffe.

Zu a) Nach Frank (1888), Pfeiffer und Franke (1896), Krüger und Schneidewind (1899), Richter (1896), Schmoeger (1893), Hasenbäumer, Koppenrath und König (1906), König, Hasenbäumer und Großmann (1908), Pickering (1908 a, b), Darbishire und Russell (1908), Russell und Hutchinson (1909), Lyon und Bizzell (1910, 1913), Schreiner und Lathrop (1912), Seaver und Clark (1912), Kelley und Mc George (1913), Peterson (1912) u. a. werden durch die Erhitzung des Bodens Nährsalze in beträchtlichen Mengen in leicht lösliche Formen überführt. Auch der Gehalt der Bodenlösung an löslichen organischen Stoffen wird nach Pickering (1908 a, b) Richter (1896) und Seaver und Clark (1912) wesentlich erhöht. Und zwar ist nach Pickering die Konzentrationserhöhung der organischen Verbindungen stärker als die der Nährsalze. Erhitzen auf 90° bis 120° C verdoppelt oder vervierfacht nach Seaver und Clark, Richter und Pickering den Gehalt an löslichen organischen Verbindungen. Nach den Untersuchungen von Achromeiko (1928) kann die Nährstoffaufschließung bei der Erhitzung des Bodens noch erheblich stärker werden. 36stündiges Erhitzen eines Bodens im Thermostaten bei 100° C erhöht den Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure fast um das Zehnfache, die Konzentration der wasserlöslichen organischen Stoffe sogar annähernd um das Zwanzigfache. Auf bestimmten Tschernosem-Böden steigt nach den Beobachtungen von Achromeiko die Menge der wasserlöslichen Phosphorsäure bzw. der wasserlöslichen organischen Verbindungen durch 36-stündige Erhitzung auf 100° C sogar um das Achtundzwanzig- bzw. mehr als Dreißigfache. Es bleibt zu erwähnen, daß der Grad der Löslichkeitserhöhung der organischen und mineralischen Verbindungen sehr stark von der Bodenart abhängt (Gedroiz, Achromeiko). Die Bedeutung dieser Nährstoffaufschließung für die Entwicklung der Mikroben und höherer Pflanzen liegt auf der Hand.

Zu b) Desgleichen wird bei Behandlung des Bodens mit CS_2, $CH\,Cl_3$, CH_2O oder Benzin der Gehalt an leicht löslichen anorganischen und organischen Verbindungen erhöht, wie Pickering (1908 a, b), du Buisson (1917) und Koch (1917) einwandfrei nachweisen konnten (s. auch Heintze 1907 und Scherpe 1910). Diese aufschließende Wirkung ist nach Pickering (1908 b, Tab. 1) wesentlich schwächer als bei Erhitzung und entspricht maximal einer Erhitzung auf 74° C (Steigerung der löslichen organischen Stoffe um 48%). Auch die Untersuchungen von

Russell und Hutchinson (1909, Tab. 2) zeigen, daß der Gehalt des Bodens an löslichem Stickstoff nach Erhitzung auf 98° C stärker als nach Toluolbehandlung ansteigt. Ebenso ist nach Koch (1917, Tab. 1) Formalin erheblich schwächer wirksam als Erhitzen bei 10 „pounds" Dampfdruck.

Zu c) Die Zunahme des löslichen N oder des NH_3-N ist mit dem Abschluß der partiellen Sterilisation nicht beendet. Die als unmittelbare Folge der Behandlung zu beobachtende Steigerung des löslichen N ist nur gering im Vergleich zu den Mengen, die in den an die partielle Sterilisation anschließenden Wochen gebildet werden. Auf Grund theoretischer Überlegungen und der tiefgrünen Farbe der in CS_2-behandelten Böden gewachsenen Pflanzen kamen Hiltner und Störmer (1903 S. 513/14) zu dem Schluß, daß die bessere Entwicklung der Pflanzen nach partieller Sterilisation auf einer Stickstoffwirkung beruhe. Störmer (1907 Tab. 6) konnte in der Tat nachweisen, daß der Gehalt an löslichem N nach Behandlung mit CS_2, CCl_4 oder Benzol um 12—40% ansteigt. Scherpe (1910) bestätigte diese Beobachtung. Auch Heintze (1904) fand ebenso wie Scherpe (1910) erhöhte N-Aufnahme der Pflanzen im CS_2-Boden. Ferner wirkt Stickstoffdüngung nach CS_2-Behandlung schwächer als auf dem unbehandelten gleichen Boden (Störmer 1907 Tab. 1), eine Beobachtung, die Koch (1912) allerdings nicht bestätigen konnte. Russell und Hutchinson (1909) untersuchten als erste die zeitliche Verteilung der Zunahme des löslichen Stickstoffs. Sie stellten fest, daß auf die infolge chemischer Umsetzungen während der partiellen Sterilisation selbst (Hitze oder Toluol) einsetzende, relativ schwache Steigerung eine mehrere Wochen anhaltende NH_3-Bildung folgt. Den biotischen Charakter dieser Ammoniakbildung konnten Russell und Hutchinson (1909) mit Sicherheit nachweisen.

Die zuerst von Hiltner und Störmer (1903) ausgesprochene Vermutung, daß die Zunahme des NH_3-Gehalts auf gesteigerter Umsetzung schwer zersetzbarer organischer Substanzen oder Assimilation von Luftstickstoff beruht, ist durch die späteren Befunde von Russell und Hutchinson (1909) und Störmer (1907) widerlegt worden. Sowohl der Gesamt-N-Gehalt des Bodens wie der N-Gehalt des Humus wird nach ihren Untersuchungen durch die partielle Sterilisation nicht verändert.

Als erster sprach Störmer (1907) die Vermutung aus, daß das Ammoniak durch Zersetzung der bei partieller Sterilisation abgetöteten Organismen gebildet würde. Damit wird die Wirkung der partiellen Sterilisation als die Folge der Neubildung zersetzbarer organischer Substanz aufgefaßt. Der begrenzende Faktor für die Entwicklung der Bodenflora ist nach dieser Annahme der Nährstoffgehalt. Die partielle Sterilisation beseitigt diese Hemmung durch Abtötung zahlreicher Lebewesen und bewirkt somit eine erhöhte Aktivität der Bakterien und Pilze.

Letztere hat wiederum eine Anhäufung von Ammoniak und damit eine bessere Entwicklung der Pflanzen zur Folge. Waksman und Starkey (1923) konnten diese zuerst von Störmer vertretene Anschauung in ihren klassischen Untersuchungen (1923 a, b, c) experimentell auf das gründlichste unterbauen. Sie gingen dabei auf zwei verschiedenen Wegen vor.

a) Eine Zugabe von 0,2% „ground dry alfalfa meal" rief die gleichen Änderungen der Keimzahlen und der CO_2-Bildung wie eine partielle Sterilisation hervor.

b) Waksman und Starkey (1924) konnten zeigen, daß Zugabe von Cellulose zum Boden die Entwicklung von Pilzen rapide fördert. Sie legen nicht nur den in der Cellulose enthaltenen Kohlenstoff, sondern auch allen verfügbaren N in ihrem Myzel fest. Werden nun ein durch Zugabe von $NaNO_3$ und Cellulose mit Pilzhyphen angereicherter Boden und eine unbehandelte Kontrolle 40 Tage nach der Cellulosezugabe partiell mit Toluol sterilisiert, so ist der Anstieg der Bakterienzahlen, des NH_3-Gehalts und des gesamten löslichen N in dem behandelten Boden infolge der Abtötung des reichlichen Pilzmyzels viel größer als in der Kontrolle.

Man könnte einwenden: Diese Versuche beweisen nur, daß ein Teil der Mikroben durch Nährstoffmangel in seiner Zahl begrenzt und daher durch Nährstoffzufuhr stimuliert wird. Andere Mikroben in demselben Boden könnten dagegen durch Antagonisten oder Protozoen in Schach gehalten werden. Bei partieller Sterilisation könnten also durch Beseitigung der Antagonisten oder Protozoen ganz andere Bakteriengruppen gefördert werden als durch Nährstoffzugaben. Partielle Sterilisation und Nährstoffgaben hätten also äußerlich — an der Keimzahl gemessen — die gleiche, aber der inneren Struktur — der Art der beteiligten Bakterien — nach eine verschiedene Wirkung. Die Protozoentheorie scheidet jedoch auf Grund eindeutiger Befunde der genannten Forscher für die Interpretation der Ergebnisse aus. Das gleiche gilt für die Annahme der Zerstörung antagonistischer Bakterien, denn Reinfektion mit 5% unbehandelten Bodens, also erneute Zufuhr der abgetöteten hypothetischen Antagonisten ergab in den mit Toluol oder Hitze behandelten Böden eine deutliche, zum Teil enorme Zunahme der Keimzahlen.

Es bedarf wohl keiner weiteren Erörterung, daß neben der bisher in den Vordergrund gestellten Stickstoffaufschließung die Überführung anderer lebenswichtiger Nährstoffe in leicht lösliche Verbindungen nicht übersehen werden darf (s. o.). Wie bereits Klaus (1939) hervorgehoben hat, sollte in diesem Zusammenhang insbesondere die Bedeutung der Spurenelemente nicht vernachlässigt werden.

Die Theorie der Nährstoffaufschließung darf somit heute als ausgezeichnet fundiert gelten. Auch bei der Untersuchung der Wirkung

partieller Sterilisation auf *Ophiobolus graminis* ist sie daher auf das sorgfältigste zu prüfen.

Zu d) Werden die bei der partiellen Sterilisation angewandten Chemikalien nicht aus dem Boden entfernt, so können sie bestimmten Bakterienarten als Nährstoffe dienen und die Keimzahlen auf diese Weise erhöhen. Nach Matthews (1924) geht der Anstieg der Keimzahlen nach Zugabe verschiedener „Antiseptica" der Verbrennungswärme der Stoffe parallel. Ebenso konnte Jacobs (1931) nachweisen, daß die Wirkung der „partiellen Sterilisation" mit Naphthalin zum Teil auf der Förderung Naphthalin-zerstörender Bakterien beruht. Allerdings betont Skinner (1927) mit Recht, daß die Nährstoffwirkung des Naphthalins oder anderer Chemikalien die Steigerung des Bakterienwachstums nur zum Teil und die bessere Entwicklung der höheren Pflanzen gar nicht erklären könne. Eine stickstoffarme oder stickstofffreie Kohlenstoffquelle verursacht nämlich im Boden infolge des starken N-Verbrauches der durch die Nährstoffzufuhr zu lebhaftem Wachstum angeregten Bakterien oder Pilze eine Abnahme des löslichen Stickstoffs (vgl. Waksman und Starkey 1923 a und Hiltner 1907, S. 206). Die partielle Sterilisation bewirkt aber — gleichgültig, ob sie durch Erhitzung oder Chemikalien ausgelöst wird — trotz der gesteigerten Mikrobenentwicklung eine Zunahme des löslichen Stickstoffs, die wiederum — zumindest zum Teil — die bessere Entwicklung der höheren Pflanzen verursacht. Die Nährstoffwirkung der bei partieller Sterilisation benutzten und nicht aus dem Boden entfernten Chemikalien kann also zur Erklärung der Reaktion der Mikroflora nur in sehr beschränktem Umfang herangezogen werden. Das geht schon aus der Tatsache hervor, daß die Wirkung der partiellen Sterilisation auch dann eintritt, wenn die verwendeten Chemikalien nach der Behandlung vollständig aus dem Boden entfernt werden. Da in unseren Untersuchungen für eine restlose Entfernung der Chemikalien Sorge getragen wurde, spielen derartige Nährstoffwirkungen keine Rolle.

e) Die Theorie der Antagonistenzerstörung

Die gegenseitige oder einseitige hemmende Beeinflussung verschiedener Mikrobenarten in künstlicher Kultur darf als gesicherte Tatsache gelten. Sie kann nach Waksman (1937) durch Nährstoffkonkurrenz, Änderung des Oxydations-Reduktionspotentials, der Reaktion oder schließlich am häufigsten durch Bildung von „Toxinen" erfolgen. Die Bedeutung des Nährstoffgehalts ist im vorangehenden Abschnitt behandelt. Hier stehen also nur die antagonistischen Erscheinungen im Boden infolge Toxinbildung oder andere Veränderungen zur Diskussion.

Es interessiert in diesem Zusammenhang nur die Frage, wieweit der Antagonismus im natürlichen Boden als begrenzender Faktor auftreten und ob dementsprechend die „stimulierende" Wirkung partieller

Sterilisation auf Zerstörung der Antagonisten beruhen kann. Waksman kommt (1937) zu folgendem Schluß: „The available information concerning antagonism among microorganisms may be useful in explaining the behavior of various specific organisms; it is little more than suggestive however in explaining the mutualistic interrelationships of the numbers of microorganisms comprising the soil population and the equilibrium condition normally found to exist in this population." Ebenso äußern Hutchinson und Thaysen (1918) über die Bedeutung des Antagonismus durch Toxinbildung im natürlichen Boden: „If a strikt analogy could be drawn between pure culture and soil conditions the question would present little difficulty, but there are several reasons, why this is not permissible."

Im einschlägigen Schrifttum ist zu unterscheiden zwischen Arbeiten (-a-), die sich mit den Beziehungen zwischen antagonistischen Erscheinungen und der Erhöhung der Keimzahlen nach partieller Sterilisation beschäftigen, und Untersuchungen (-b-), die darauf abzielen, durch Zufuhr von Mikroben zu natürlichem oder sterilisiertem Boden ihren antagonistischen Einfluß auf andere Organismen insbesondere Parasiten nachzuweisen.

Zu a) Hiltner und Störmer haben (1903) auf Grund gewisser Beobachtungen nach CS_2-Behandlung „erbsenmüder" Böden die Vermutung ausgesprochen, daß durch die partielle Sterilisation antagonistische, in der Rhizosphäre der Erbsen lebende Bakterien abgetötet werden, die andere, insbesondere parasitische Mikroben im Schach halten. Eine solche „schützende Wurzelflora" soll nach ihnen auch bewirken, daß ungebeizte Rübenknäule im natürlichen Boden weniger vom Wurzelbrand befallene Sämlinge liefern als im sterilisierten Boden.

1907 veröffentlichte Kosaroff eingehendere Studien über die Wirkung partieller Sterilisation auf *Pyronema confluens.* Im einzelnen machte er folgende Feststellungen: Partielle Sterilisation eines Bodens durch Hitze, nicht aber mit Äther oder CS_2 begünstigt die Entwicklung von *Pyronema confluens.* Sterilisierte Erde, mit einem nicht entkeimten, aber filtrierten Extrakt aus natürlichem Boden versetzt, verliert ihre günstigen Eigenschaften. Kochen des Auszuges beseitigt seine schädliche Wirkung größtenteils. Extrakt aus sterilisierter Erde kann auch in größter Menge die Wachstumshemmung in dem natürlichen Boden nicht beseitigen. Die Sporen keimen im Auszug aus sterilisierter Erde gut und entwickeln kräftiges Myzel. Im Extrakt des natürlichen Bodens ist die Keimung schlecht, und die Entwicklung hört bald ganz auf. Bringt man zu Sporen mit kräftigen Keimschläuchen Auszug aus sterilisierter Erde, so kollabiert das Protoplasma in kurzer Zeit. Werden große Stücke der auf sterilisierter Erde entstandenen Pilzkrusten auf natürlichen Boden übertragen, so sterben sie ab. Ihm gelingt somit der Nachweis, daß

nicht die Aufschließung neuer Nährstoffe, sondern die Zerstörung von Toxinen für das Auftreten des Pilzes auf erhitztem Boden verantwortlich zu machen ist. Er spricht bereits die Vermutung aus, daß diese Toxine durch Bakterien oder Pilze gebildet würden. Nach den neueren Untersuchungen von Nowogrudskij (1936) macht eine Impfung des erhitzten Bodens mit *Bacterium fluorescens* diesen für die Entwicklung von *Pyronema confluens* wieder völlig untauglich. Da die Entwicklung dieses Ascomyceten sehr leicht zu beobachten ist, könnten Untersuchungen in der von Kosaroff eingeschlagenen Richtung zu recht wertvollen Ergebnissen führen.

Am eingehendsten hat sich Greig-Smith (1912, 1915 a) mit der antagonistischen Wirkung der Bodenmikroben bzw. ihrer Toxine und ihrer Bedeutung für die Begrenzung der Bakterienzahlen im Boden befaßt. Das Ansteigen der Bakterienzahlen nach partieller Sterilisation durch Hitze wurde von ihm vor allem auf Zerstörung der „Bacteriotoxine" zurückgeführt. In den wäßrigen, entkeimten Auszügen verschiedenartiger Böden wurden thermolabile, *Bac. prodigiosus* und Mischkulturen verschiedener Bodenbakterien hemmende Stoffe aufgefunden. Extrakten aus erhitztem Boden fehlte dieser Toxingehalt zunächst, er nahm jedoch einige Zeit nach der partiellen Sterilisation wieder zu. Parallel damit gingen zunächst ansteigende Keimzahlen wieder zurück. Das „Bacteriotoxin" zersetzte sich in wäßriger Lösung und wurde durch Sonnenlicht und Trocknen des Bodens zerstört. Auch der Extrakt eines mit 5% $CHCl_3$ partiell sterilisierten Bodens zeigte eine stark verringerte hemmende Wirkung. Zugabe von 0,005% Dextrose erhöhte den Toxingehalt sehr stark.

Diese Untersuchungen wurden von Hutchinson und Thaysen (1918) nachgeprüft. Nur die Extrakte zweier Böden zeigten toxische Eigenschaften gegen *B. prodigiosus.* Vier andere Auszüge ließen nach der Beimpfung zunächst eine Abnahme und dann eine Zunahme der Bakterien bis annähernd auf den Ausgangswert erkennen, ein Verhalten, wie es die Bakterien auch in der Kontrollösung (die zur Extraktion benutzte 0,8%ige NaCl-Lösung) nach Zugabe von geringen Mengen Pepton erkennen ließen. Nun konnte in der Kontrollösung wie in den Bodenextrakten durch Zugabe von Pepton — in etwas größeren Mengen — eine ausgezeichnete Bakterienentwicklung erzielt werden. Somit ist Nährstoffmangel der begrenzende Faktor für die Entwicklung des Testbakteriums in den Extrakten. Eine Erhitzung der Extrakte hatte in der Regel eine Abnahme und nicht wie bei Greig-Smith eine Zunahme der Bakterienzahlen zur Folge. Thermolabile Toxine fehlen also wahrscheinlich in den Extrakten. Eine Toluolbehandlung des Bodens erhöhte den Gehalt der Extrakte an organischen N-Verbindungen um das Vier- bis Fünffache. Die Steigerung der Bakterienzahlen in diesen Extrakten gegen-

über den Auszügen aus unbehandeltem Boden war dementsprechend ungeheuer (z. B. 838 : 34 100 000 oder 660 : 4 000 000 oder 28 : 2 800 000) und spricht eindeutig für Nährstoffmangel in den normalen Bodenextrakten. Die partielle Sterilisation mit Toluol scheint daher durch Nährstoffaufschließung zu wirken. Wir haben es also mit einem weiteren eindeutigen Beweis für die Theorie der Nährstoffaufschließung zu tun.

Die gegenläufigen Ergebnisse von Greig-Smith einerseits, Hutchinson und Thaysen andererseits schließen sich jedoch nicht grundsätzlich aus, da beide Autoren mit verschiedenen Böden arbeiteten. Weder der eine noch der andere Befund ist zu verallgemeinern. Insbesondere ist nicht zu erwarten, daß die Entwicklung verschiedener Bakterien im Boden durch die gleichen Faktoren begrenzt wird. So hat bereits Greig-Smith beobachtet, daß *B. prodigiosus* empfindlicher gegen die „Bakteriotoxine“ ist als eine Mischung verschiedener Bodenbakterien. Nach Hutchinson und Thaysen entwickelte sich *B. fluorescens liquefadiens* in den Bodenextrakten, in denen *B. prodigiosus* überhaupt nicht gedieh, ausgezeichnet. Die Keimzahlen beider Arten verhielten sich in den Auszügen zweier verschiedener Böden nach 72stündiger Inkubation wie 574 : 1 309 000 bzw. wie 0 : 1 163 000.

Zu b) Conn und Bright (1919) beobachteten, daß drei Bakterienarten, die sich, getrennt in sterilisierte Erde geimpft, gut entwickelten, bei gleichzeitiger Impfung in denselben Boden eine Art gänzlich unterdrückten. Insbesondere finden sich aber in dem phytopathologischen Schrifttum eine Reihe von Beispielen, daß Zugabe bestimmter Mikroben zu einem Boden die Infektionskraft von Parasiten schwächt oder unterdrückt. So kann nach Weindling und Fawcett (1934) und Weindling (1934) der Befall von Citruskeimlingen durch *Rhizoctonia solani* mittels Zugabe einer Sporensuspension von *Trichoderma lignorum* verhindert werden. Tims (1922) beobachtete in sterilisiertem Boden eine Hemmung der Infektion von Zuckerrohr durch *Pythium spec.* in Gegenwart einer *Actinomyces*-Art. Greaney und Machacek (1935) konnten in sterilisiertem Boden die Infektion von Weizen durch *Helminthosporium sativum* mit Hilfe einer „kräftigen“ Impfung mit *Cephalothecium roseum* verhindern. Die Infektion von Weizen durch *Helminthosporium* und *Gibberella saubinetii* läßt sich nach Henry (1931) desgleichen durch verschiedene Pilze erheblich abschwächen. Auch der Befall von Gurken und Erbsen durch *Pythium* und *Rhizoctonia* wird nach Impfung mit *Trichoderma lignorum* im natürlichen und sterilisierten Boden deutlich geringer (Allen und Hänseler 1935). Chudiakow berichtet (1935), daß Anreicherung von *Pseudomonas* und *Achromobacter* im Boden die Infektion von Lein durch *Fusarium lini* verhindert. Zwischen der Verbrei-

tung dieser Bakterien und dem Auftreten der Fusariose des Leins sollen deutliche Beziehungen bestehen. Van Eek (1937) konnte beobachten, daß *Brevilegnia gracilis* in Gegenwart von *Septomyxa affinis Viola tricolor* in sterilisiertem Boden nicht zu infizieren vermag. In ähnlicher Weise läßt sich die Infektion verschiedener Gräser und von Luzerne durch *Pythium de Baryanum* in sterilisierter und natürlicher Erde durch Zugabe von durch *Penicillium expansum* oder *Pullularia pullulans* bewachsenen Nährlösungen hemmen (van Luijk 1938). Auch das durch *Phytophthora parasitica* verursachte Keimlingssterben der Tomaten kann nach Katser (1938 a, b) durch Zufuhr antagonistisch wirkender Kulturen von *Trichoderma Koningii* im natürlichen Boden in gewissem Umfang bekämpft werden. Hingewiesen sei auch auf die hemmende Wirkung von *Penicillium chrysogenum, Trichoderma viridescens, Trichoderma lignorum* und *Phoma sp.* bzw. ihrer Kulturfiltrate auf die parasitische Entwicklung von *Botrytis cinerea* an Salat unter bestimmten künstlichen Bedingungen (Asthana 1936). Ebenso bildet nach Daines (1937) *Trichoderma lignorum* in künstlicher Nährlösung eine für *Actinomyces scabies* toxische Substanz. Sie wird jedoch im Boden leicht oxydiert und adsorbiert, so daß eine praktische Auswertung dieses Antagonismus problematisch erscheint. Besonders bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang ferner die Beobachtungen von Millard und Taylor (1927) über die hemmende Wirkung von *Actinomyces praecox* gegenüber *Actinomyces scabies*. Gründüngung vermindert nach ihren Feststellungen das Auftreten des Schorfes nur, wenn *Actinomyces praecox* im Boden vorhanden ist. Allerdings suchen sie diese Erscheinung nicht auf Bildung von Hemmungsstoffen, sondern auf Nährstoffkonkurrenz zurückzuführen, eine Deutung, die angezweifelt werden kann.

Fast alle genannten infektionshemmenden Mikroben bildeten auch in künstlicher Kultur „Toxine", die die Entwicklung des jeweiligen Parasiten ungünstig beeinflußten (Tims, Weindling, Allen und Hänseler, Katser, van Luijk, Greaney und Machacek). Zumal diese Toxine in der Regel thermolabil waren (Tims, Weindling, Katser, Allen und Hänseler, van Luijk), könnte man annehmen, daß die Zerstörung solcher Toxine bei der Wirkung der partiellen Sterilisation durch Hitze eine wichtige Rolle spielt. In der Regel wurden die Versuche jedoch in sterilisierter Erde durchgeführt. Welche tiefgreifenden Unterschiede zwischen natürlicher und partiell sterilisierter oder gar steriler Erde bestehen, und wieweit diese einem künstlichen Nährsubstrat gleichen, bedarf nach den obenstehenden Ausführungen über die chemischen Veränderungen im erhitzten Boden keiner weiteren Erläuterung. Zudem handelt es sich in den angezogenen Untersuchungen in der Regel nicht um wirkliche Impfung mit geringen Sporenmengen, sondern um Zuführung beträchtlicher Mengen von den „Antagonisten" längere Zeit bewachsener,

mit Toxinen angereicherter Nährböden. Angesichts dieser Tatsache kann es nicht überraschen, daß zwischen dem Antagonismus in künstlichen Nährmedien und im Erdboden eine gute Übereinstimmung beobachtet wurde. Die Toxine werden ja mit der Nährlösung in den Boden gebracht, bzw. der Boden durch Zugabe des Nährmediums den künstlichen Kulturbedingungen angenähert. So benutzte Katser 275 cm^3 toxinhaltiger Nährlösung pro Topf von 16 cm Durchmesser bzw. 3,6 Liter je m^2 Boden. Van Luijk gebrauchte 50 cm^3 bzw. 12,5 cm^3 mit Antagonisten und Toxinen angereicherter Nährlösung auf 200 g sterilisierten Boden bzw. 50 cm^3 auf 175 g natürliche Erde. Impfung mit Sporen hatte keinen Erfolg. Greaney und Machacek mischten je 1% von dem Parasiten und dem Antagonisten bewachsenen Nährbodens in die Erde. Allen und Hänseler fügten eine große Menge (heavy infection) von dem Antagonisten bewachsener Haferkörner zu dem infizierten Boden. Alle diese Umstände schaffen aber Bedingungen, die von den natürlichen Verhältnissen weit entfernt sind. Für eine Erkenntnis der tatsächlichen Bedeutung des Antagonismus im natürlichen Erdboden, auf die es uns hier allein ankommt, sind diese Untersuchungen also von sehr bedingtem Wert.

Wir müssen somit den eingangs zitierten Worten von Waksman und Hutchinson und Thaysen beipflichten. Unsere Kenntnisse über die Bedeutung des Antagonismus im natürlichen Boden sind gering. Noch weniger wissen wir über die Beziehungen zwischen Antagonismus und der besseren Entwicklung zahlreicher Mikroben nach partieller Sterilisation des Bodens.

C. Das Problem der partiellen Sterilisation bei *Ophiobolus graminis*

Den Ausgangspunkt für die Untersuchungen über die Wirkung der partiellen Sterilisation auf die Entwicklung von *Ophiobolus graminis* bildete die Beobachtung von Broadfoot (1930), daß die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis* in ,,sterilisiertem'' Boden heftiger als in natürlicher Erde erfolgt. Hierauf fußend haben Stanford und Broadfoot (1931) festgestellt, daß Übergießen oder Mischung des Infektionsmaterials mit Kulturen bestimmter Mikroben bzw. den Ultrafiltraten dieser Organismen die Infektionsstärke in sterilisiertem Boden zum Teil erheblich schwächt. Henry (1932) beobachtete bei Untersuchung des Temperatureinflusses auf die Ophiobolose in natürlichem und sterilisiertem Boden eine deutliche antagonistische Wirkung des Edaphons. Im sterilisierten Boden stieg die Infektion zwischen 13° C und 27° C stetig an. In dem natürlichen Boden fiel die Infektion dagegen infolge der Interferenz des Antagonismus oberhalb 18° C steil ab. Broadfoot (1933) untersuchte die antagonistische Wirkung verschiedener Mikroben

in künstlichen Nährmedien. Ähnliche Untersuchungen führte Brömmelhues (1935) durch.

Diese Befunde veranlaßten Moritz (1932), die Wirkung der Sterilisation natürlicher Böden auf die Infektionsstärke zu prüfen. Die hierbei eintretende stärkere Erkrankung des Weizens sowie die Beobachtung, daß die Unterschiede in der Infektionsstärke, wie sie zwischen leicht sandigen und Schwarzerdeböden auftreten, durch Erhitzung beseitigt werden, führten ihn zu der Ansicht, daß auf den natürlichen Böden das Edaphon eine je nach der Art des Bodens mehr oder minder wirksame antagonistische Tätigkeit entfaltet. Sie wird durch die Sterilisation ausgeschaltet. Garrett (1934) konnte diese Befunde und insbesondere das stärkere Auftreten der Krankheit auf mikrobiologisch weniger aktiven kolloid- und humusarmen Böden bestätigen. Angesichts der historischen Entwicklung dieses Problems kann es nicht überraschen, daß zunächst überhaupt nur die Zerstörung antagonistischer Mikroben mit dieser Wirkung der Sterilisation in Beziehung gesetzt wurde. Man übersah, daß es sich hier nur um einen Einzelfall des dem Bodenmikrobiologen geläufigen Phänomens der partiellen Sterilisation handelt, und daß neben der Zerstörung antagonistischer Bakterien oder Pilze die starke chemische Veränderung des Bodens im Verlaufe der Erhitzung nicht unberücksichtigt bleiben darf.

Für die eingangs zitierten Arbeiten gelten, falls sie den Nachweis der Bedeutung des Antagonismus im natürlichen Boden erbringen wollen, die gleichen Einwendungen, wie sie bereits oben gemacht wurden: Gebrauch übermäßiger Mengen leicht zersetzlichen Infektionsmaterials, Mischung des von *Ophiobolus graminis* und dem Antagonisten bewachsenen Nährbodens vor dem Einbringen in die Erde, Gebrauch sterilisierter Erde, Untersuchung des Antagonismus in künstlichen Nährmedien u. a. machen Rückschlüsse auf die Bedeutung antagonistischer Erscheinungen in der Natur unmöglich. Es gelingt nach unseren Erfahrungen, aus jedem Boden, ganz gleich, ob er stark infektionshemmende Eigenschaften besitzt oder die Laufhyphen sich in ihm üppig entwickeln, zahllose auf bestimmten Nährböden gegenüber *Ophiobolus graminis* antagonistische Bakterien und Pilze zu isolieren. Die Gegenwart solcher Mikroben im natürlichen Erdboden bürgt also keinesfalls dafür, daß sie auch im natürlichen Boden die Entwicklung der Laufhyphen ungünstig beeinflussen. Ihre infektionshemmende Wirkung im Boden wird vielmehr davon bestimmt, ob die Voraussetzungen für eine kräftige Vermehrung im Boden gegeben sind, und ob ihr fermentativer Abbau unter den gegebenen Bedingungen zur Toxinbildung führt. Es kommt hinzu (vgl. Winter

1939 b, d), daß vielfach der Einfluß des Edaphons auf die Zersetzung des Infektionsmaterials nicht von der Wirkung des Antagonismus auf den Infektionsverlauf, d. h. auf das Wachstum der Laufhyphen, getrennt wurde. Das gilt insbesondere für die Arbeiten von Henry und einige Versuche von Möller-Kögler (1938 s. u.).

Auch die Infektionserhöhung nach Sterilisation des Bodens, wie sie von Broadfoot (1930), Moritz (1933), Garrett (1934, 1936), Müller-Kögler (1938) und Winter (1939 a, b, c, d) beobachtet wurde, sagt an sich noch nichts über die Bedeutung antagonistischer Erscheinungen für den Infektionsverlauf im natürlichen Boden. Wir stehen hier vor der Alternative: ist die Zerstörung der Antagonisten oder die Nährstoffaufschließung entscheidend für die bessere Entwicklung der Laufhyphen?

Nun kann nach Müller-Kögler (1938, S. 301) durch Reinfektion mit sehr geringen Mengen des gleichen oder eines anderen natürlichen Bodens (sandiger Lehm) einem 2 Stunden auf 100° C erhitzten und somit seiner infektionshemmenden Eigenschaften beraubten Schwarzerdeboden die ursprüngliche „Schutzwirkung" z. T. zurückgegeben werden, wenn der reinfizierte Boden 14 Tage bei Zimmertemperatur gehalten wird.

Die Gegenwart bestimmter, im natürlichen Boden vorkommender Mikroben hemmt somit zweifellos die Infektion von Weizen durch *Ophiobolus graminis*. Diese Mikroorganismen werden bei Erhitzung abgetötet und kommen nach Reinfektion erneut zur Entwicklung. Sie können nun aber als bloße Nährstoffkonkurrenten oder als eigentliche Antagonisten wirken. Es bleibt also zu prüfen, ob Nahrungsmangel oder Toxinbildung den begrenzenden Faktor für die Entwicklung von *Ophiobolus graminis* im natürlichen Boden darstellt. Der Pilz könnte auf die Nährstoffaufschließung bei der Erhitzung mit besserer Entwicklung der Laufhyphen, also verstärkter Infektion reagieren. Nun setzt in dem partiell sterilisierten Boden unmittelbar nach der Erhitzung eine gewaltige Steigerung der Bakterienzahlen ein. Sie führt zu einem raschen Verbrauch der Nährstoffe und im Zusammenhang damit, wie auch Garrett beobachtete (s. u.), zu einer schlechteren Entwicklung von *Ophiobolus graminis*, d. h. zu einer allmählichen Rückbildung des ursprünglichen infektionshemmenden Bodenzustandes. Wird nun unmittelbar nach der Erhitzung reinfiziert, so steigen die Bakterienzahlen, wie die Untersuchungen von Waksman und Starkey zeigen (1923), noch rascher an. Es kommt zu einem gegenüber dem nicht reinfizierten Boden beschleunigten Verbrauch der aufgeschlossenen Nährstoffe, d. h. zu schnellerer Rückbildung der ursprünglichen Schutzwirkung. Auch auf diesem Wege ist also keine Entscheidung möglich, ob die Erhitzung durch Nährstoffaufschließung oder durch Zerstörung der Antagonisten bzw. ihrer Toxine erfolgt. Es kommt hinzu, daß die Reinfektionswirkung auch mit der durch die Impfung verursachten Anhäufung von

Kohlendioxyd und der damit verbundenen Entwicklungshemmung des Pilzes in Zusammenhang stehen könnte (s. u.). Somit gab es zunächst nur zwei Wege, dieses Problem seiner Lösung näher zu bringen:

1. Untersuchung wäßriger Auszüge natürlicher, stark infektionshemmender Böden auf ihren Gehalt an Hemmungsstoffen (Methode von Greig-Smith).

2. Untersuchung der Beziehungen zwischen dem Nährstoffgehalt des Bodens und dem Wachstum der Laufhyphen.

Nährstoffaufschließung und Vernichtung antagonistischer Mikroben stellen aber nicht die einzigen Möglichkeiten dar, die Wirkung der partiellen Sterilisation auf die Entwicklung der Laufhyphen zu erklären. Garrett hat nämlich (1936) die Theorie entwickelt, daß die Wirkung der partiellen Sterilisation auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* auf einer Veränderung des O_2- und CO_2-Gehaltes der Bodenluft beruhe. Die antagonistische Wirkung der Bodenmikroben soll in ihrer CO_2-Produktion bestehen. Ausgehend von der starken CO_2-Empfindlichkeit des Pilzes (Fellows 1928, Garrett 1936, Winter 1937, 1938, 1939) konnte Garrett zeigen, daß das stärkere Auftreten der Ophiobolose auf alkalischem Boden auf raschere Entfernung des Kohlendioxyds aus der Rhizosphäre zurückzuführen ist. Die Fähigkeit eines Bodens, das von den Wurzeln ausgeschiedene CO_2 als Bikarbonat in der Bodenlösung abzubinden, nimmt mit steigendem pH-Wert zu. Die hierbei resultierende Verschiebung des Karbonat-Bikarbonat-Gleichgewichtes pflanzt sich sehr rasch durch die ganze Bodenlösung fort und führt zu einer schnellen Entfernung des Kohlendioxyds. Dagegen verläuft die rein physikalische Diffusion gasförmigen Kohlendioxyds in sauren Böden namentlich bei hohem Wassergehalt sehr langsam. In ähnlicher Weise sollen die bei der partiellen Sterilisation durch Hitze entstehenden Karbonate das entstehende CO_2 unter Bildung von Bikarbonat abbinden und auf diese Weise die Entwicklung des Pilzes begünstigen.

Die bessere Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Erhitzung des Bodens läßt sich nach Ansicht von Garrett (1936, S. 682—685) auch aus folgenden Gründen nicht mit biologischen Änderungen im Boden in Zusammenhang bringen.

1. Partielle Sterilisation mit Alkohol, Toluol, Formaldehyd oder Dampf begünstigt das Wachstum der Laufhyphen in unterschiedlicher Weise. Da — nach Garrett — aber partielle Sterilisation angeblich in allen Fällen die gleiche mikrobiologische Wirkung — nämlich die Abtötung aller Mikroben bis auf die resistenten Formen — auslöst, kann es sich nicht um eine mikrobiologische, sondern nur um eine physikalische oder chemische Änderung im Boden handeln.

2. Wird ein total sterilisierter Boden reinfiziert, so wachsen die Laufhyphen in dem reinfizierten Boden nicht schlechter als in dem

sterilen Boden, obwohl sich die Keimzahlen wie 0:110 Mill. verhalten. Es besteht also scheinbar keine Beziehung zwischen der Entwicklung der Mikroflora und dem Wachstum des Pilzes.

3. Da toxische Chemikalien wie Toluol, CS_2 und Naphthalin im Boden rasch zerstört werden, ist es unvorstellbar, daß sich toxische, vom Edaphon gebildete Stoffe im Boden in hinreichenden Mengen anhäufen können.

Hierzu ist folgendes festzustellen:

Zu 1. Partielle Sterilisation mit Toluol und Formaldehyd erhöht nach Garrett und CS_2, $CH\ Cl_3$ bzw. Alkohol nach unseren Untersuchungen (s. u.) das Wachstum der Laufhyphen in annähernd gleichem Maße wie Erhitzung des Bodens. Die bessere Entwicklung nach der Behandlung mit Chemikalien kann aber keinesfalls auf die Bildung von CO_2-Acceptoren im Boden zurückgeführt werden (0,2% $CH\ Cl_3$ wirkt bereits sehr stark! Vgl. S. 251). Diese Annahme ist umso unwahrscheinlicher, als nach allen Untersuchungen (Waksman und Starkey 1923, Fischer 1909, Demolon und Boischot 1923, Lundblad 1930, van Suchtelen 1910) partielle Sterilisation in jeder Form die CO_2-Produktion des Edaphons sofort um mehrere 100% steigert. Der CO_2-Gehalt des partiell sterilisierten Bodens muß also infolge rascher Absättigung der CO_2-Acceptoren die CO_2-Tension in dem unbehandelten Boden wenige Tage nach der Sterilisation weitaus übertreffen. Die teilweise unterschiedliche Entwicklung der Laufhyphen nach Anwendung verschiedener Arten der partiellen Sterilisation kann dagegen auf biotischer Grundlage erklärt werden. Es ist ohne Zweifel denkbar, daß die verschiedenen Verfahren auch die antagonistischen Mikroben oder die von ihnen gebildeten Toxine in unterschiedlicher Weise beeinflussen.

Zu 2. Die eigenen Versuche Garrett's (Tab. 13 und 14) und die Untersuchungen Müller-Kögler's (S. 300/303, Tab. 4) zeigen, daß mit oder ohne Reinfektion eine allmähliche Rückbildung der Schutzwirkung einsetzt, wenn zwischen Reinfektion bzw. partieller Sterilisation und Versuchsbeginn 2–3 Wochen verstreichen. Die Gegenwart zahlreicher Bakterien allein gewährleistet keine Hemmung der Laufhyphen. Entscheidend ist, ob die antagonistischen Mikroben sich gut entwickeln, und ob sie die Bodenlösung bei Versuchsbeginn bereits hinreichend mit Hemmungsstoffen angereichert haben. Der negativ verlaufende Reinfektionsversuch von Garrett (1936, Tab. 12) begann unmittelbar nach der Reinfektion. Es ist daher möglich, daß trotz der hohen Keimzahlen die Antagonisten nur schwach entwickelt waren, oder infolge der kurzen Dauer ihrer Wirksamkeit noch nicht genügend Toxine gebildet hatten.

Zu 3. Zieht man aus der raschen Zersetzung zahlreicher toxischer Stoffe wie Naphthalin u. a. im Boden die Folgerung, daß sich toxische, vom Edaphon gebildete Stoffe im Boden nicht in wirksamen Mengen anreichern können, so kommt man zu unhaltbaren Konsequenzen. Zweifelsohne werden die meisten Zwischenprodukte des Abbaues weiter oxydiert oder anderweitig umgeformt, so daß im Endeffekt — im wesentlichen — CO_2 und H_2O und andere einfache Verbindungen entstehen. Wir müßten aber die widersinnige Behauptung aufstellen, daß nur die Ausgangsprodukte der mikrobiellen Zersetzung und ihr wichtigstes Endprodukt CO_2 im Boden in wirksamen Mengen auftreten. Es wird hier von Garrett übersehen, daß Zwischenprodukte des Abbaues, wie es die antagonistischen Toxine in der Regel sein werden, zwar rasch zersetzt, aber auch ebenso rasch oder sogar schneller neu gebildet werden. Sie können also, obwohl der Abbau nicht bei ihnen stehen bleibt, und es somit nicht zu einer übermäßigen Anhäufung kommt, stets in gewisser Menge vorhanden sein. Übertrifft aber die Bildungsgeschwindigkeit die Schnelligkeit des Abbaues auch nur wenig, so können sich im Verlaufe größerer Zeitspannen recht erhebliche Mengen an Toxinen im Boden anhäufen.

Aus diesen prinzipiellen Erwägungen heraus läßt sich also die Beteiligung antagonistischer Bakterien oder Toxine an dem Effekt der partiellen Sterilisation nicht ableugnen. Doch ist damit andererseits die Kohlendioxyd-Hypothese Garrett's nicht widerlegt.

Es gilt also zu entscheiden, ob

1. die Nährstoffaufschließung,
2. die Zerstörung der Antagonisten oder ihrer Toxine oder
3. die Beeinflussung des CO_2-Gehalts der Bodenluft das entscheidende Moment für die Wachstumsbeschleunigung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation ist.

Nach unseren bisherigen Untersuchungen (Winter 1939 b, c, d) kann die Kohlendioxydhypothese von Garrett die infektionshemmende Wirkung natürlicher Böden lockerer Bodenstruktur nicht erklären. Partielle Sterilisation (98^0 C 2 Std.) zweier auch in den vorliegenden Untersuchungen benutzter Böden, nämlich einer Komposterde und des Lößlehms vom Versuchsfelde des Instituts für Pflanzenkrankheiten, steigerte das Wachstum der Laufhyphen ganz erheblich. Die Bodenstruktur war locker und krümelig, eine gute Durchlüftung also gesichert (vgl. Winter 1939 a). Es war daher a priori unwahrscheinlich, daß die Kohlendioxydkonzentration unter solchen Bedingungen einen starken hemmenden Einfluß auf die Laufhyphen ausüben und die Wirkung der partiellen Sterilisation im Sinne der Kohlendioxydhypothese interpretiert werden könnte. Eine sehr kräftige zusätzliche Durchlüftung

beider Böden beeinflußte, wie daher nicht anders zu erwarten, das Wachstum der Laufhyphen nicht (Winter 1939 b). Sowohl in der natürlichen wie der partiell sterilisierten Komposterde bzw. dem entsprechend behandelten Lößlehm war die Laufhyphenentwicklung von der Sauerstoffzufuhr unabhängig. Die CO_2-Konzentration stellt also in diesen Böden bei lockerer Bodenstruktur keinen begrenzenden Faktor für die Entwicklung des Pilzes dar. Daher kann unter diesen Bedingungen die Wirkung der partiellen Sterilisation nicht auf Änderungen der CO_2-Konzentration zurückgeführt werden. Auch in den Untersuchungen von Garrett scheint der Einfluß der partiellen Sterilisation nicht nur auf einer Änderung der CO_2-Konzentration zu beruhen. Garrett stellte nämlich fest, daß eine zusätzliche Durchlüftung eines durch Zugabe von Calciumhydroxyd alkalisierten Bodens (pH = 8) keine Erhöhung der Infektion verursacht. In demselben Boden („Slough soil") beobachtete Garrett (1936, S. 379, Tab. VII) im ungekalkten Zustand (pH = 6,8) nach der Sterilisation eine fast 50%ige Erhöhung der Infektion. Dabei ist in Erwägung zu ziehen, daß nach Garrett (1936, S. 681 unten und Tab. V und VII) die infektionsfördernde Wirkung der Sterilisation im alkalischen Gebiet am deutlichsten ist, während sie im sauren Medium fehlt bzw. schwächer ist.

Dennoch muß berücksichtigt werden, daß in unseren Versuchen relativ trockne Erden (40% der maximalen Wasserkapazität) lockerer Struktur, also schon an sich sehr gut durchlüftete Böden benutzt wurden. Garrett verwendete dagegen anscheinend sehr feuchten (70% der maximalen Wasserkapazität), dicht lagernden (vgl. Garrett 1936, S. 674: tapping the tumbler on the bench to avoid the enclosure of air spaices within the soil.) und zu einem festen Block verbackenen (l. c.: In this way, a fairly uniform cylinder of moist soil is obtained, as can be seen by knocking the block of soil out of a tumbler and breacking it across.) Lehmboden. Es könnte aber unter solchen Bedingungen neben anderen Faktoren (s. u.) auch die CO_2-Konzentration mit den infektionshemmenden Eigenschaften dieser Böden in Beziehung stehen und die bessere Entwicklung der Laufhyphen z. T. auch auf einer Änderung des Kohlensäurepartialdruckes beruhen. Mit der von uns auf Grund experimenteller Befunde in dieser Veröffentlichung geäußerten Ansicht, daß in natürlichen Böden in der Regel antagonistische Einflüsse biotischer Natur den begrenzenden Faktor für die Entwicklung der Laufhyphen darstellen, soll somit keinesfalls geleugnet werden, daß unter bestimmten Bedingungen, also in sehr feuchten und fest gelagerten Böden der Kohlensäurekonzentration eine ähnliche Rolle zufallen kann, und die Wirkung der partiellen Sterilisation zumindest zum Teil nach dem von Garrett gegebenen Schema zu erklären ist. Schon der infektionshemmende Einfluß der Bodenbefestigung, wie wir ihn auch auf

natürlichen Böden mit hoher Schutzwirkung, d. h. geringem Wachstum der Laufhyphen beobachten können (Winter 1939 a), bringt zum Ausdruck, daß die Bodendurchlüftung unter natürlichen Bedingungen zum begrenzenden Faktor für das Laufhyphenwachstum werden kann. Es bleibt allerdings schwer vorstellbar, daß Erhitzung den CO_2-Gehalt der Bodenluft gegenüber den Kontrollen für längere Zeit herabsetzen soll, da die partielle Sterilisation Keimzahlen und CO_2-Produktion des Edaphons nach kurzer vorübergehender Depression außerordentlich steigert (siehe oben).

Dagegen wurden in unseren bisherigen Versuchen (Winter 1939 a, b, c, d) eine Reihe von Erscheinungen beobachtet, die auf eine Zerstörung antagonistischer Hemmungsstoffe im Verlaufe der partiellen Sterilisation hindeuten:

1. Festigung lockeren, partiell sterilisierten Lößlehms bzw. lockerer, partiell sterilisierter Komposterde hemmt das Wachstum der Laufhyphen viel stärker als bei Verwendung der gleichen unbehandelten Böden. Die Herabsetzung des Laufhyphenwachstums durch festere Schichtung des lockeren Bodens beruht auf einer Erhöhung des CO_2-Gehaltes der Bodenluft. Es bestehen daher zwei Möglichkeiten, die bessere Wirkung der Festigung auf partiell sterilisierten Böden zu erklären. Entweder ist die Kohlensäurekonzentration in den natürlichen, lockeren Böden bereits so hoch, daß eine weitere, durch die Festigung verursachte Steigerung praktisch nicht ins Gewicht fällt, oder die Auswirkung der Bodenfestigung wird durch andere, im relativen Minimum befindliche Faktoren bzw. in hoher Konzentration vorhandene und daher sehr stark wirksame Hemmungsstoffe gemäß dem Relativitätsgesetz von Lundegårdh herabgesetzt. Durch zusätzliche Belüftung der natürlichen lockeren Böden wurde nachgewiesen, daß die erstere Alternative nicht zutrifft. In Anbetracht der Empfindlichkeit des Pilzes gegenüber antagonistischen Einflüssen auf künstlichen Nährlösungen konnte man vermuten, daß durch die partielle Sterilisation antagonistische Mikroben oder die durch sie gebildeten Hemmungsstoffe unschädlich gemacht und damit die Voraussetzungen für eine bessere Entwicklung der Laufhyphen und eine deutlichere Reaktion des Pilzes auf Schwankungen der Bodendurchlüftung, wie sie mit der Verdichtung lockeren Bodens verbunden sind, gegeben würden.

2. Durch Ultrafilter entkeimte Extrakte aus natürlicher Humuserde zeigen das gleiche Verhalten wie die Humuserde selbst. Werden sie bei hinreichender Konzentration, unverändert oder nach Erhitzung auf 100° C, einem feinkörnigen Sand beigemischt, so ist das Wachstum der Laufhyphen in dem Boden mit erhitztem Extrakt bedeutend höher als bei Gegenwart des nicht erhitzten Ultrafiltrates. Dieser Unterschied ist um so geringer, je niedriger die Konzentration des Extraktes ist.

3. Die Laufhyphen finden in natürlicher Humuserde ihr Optimum bei höherer Bodenfeuchtigkeit als in dem gleichen, aber bei 100° C partiell sterilisierten Boden. Der Unterschied in der Lage der Feuchtigkeitsoptima ist um so schwächer, je sandhaltiger ein Boden ist, je besser also die Laufhyphen in ihm wachsen, und je geringer dementsprechend die Konzentration der Hemmungsstoffe ist. Es liegt daher nahe, diese Verschiebung des Feuchtigkeitsoptimum mit einer Vernichtung der Hemmungsstoffe durch die Erhitzung und mit den Schwankungen ihrer Konzentration in der Bodenlösung bei verschiedenem Wassergehalt in Zusammenhang zu bringen. Die Hemmungsstoffe beeinflussen die Entwicklung der Laufhyphen bei geringem Wassergehalt und hoher Konzentration stärker als bei hoher Bodenfeuchtigkeit und daher prozentual geringerem Toxingehalt der Bodenlösung. Dementsprechend ist der Unterschied in der Entwicklung der Laufhyphen in natürlicher und sterilisierter Humuserde umso geringer, je feuchter der Boden ist. Mit dieser Auffassung stimmt ferner überein, daß die Unterschiede in der Infektionsstärke zwischen der nicht erhitzten Humuserde und ihren Sandgemischen bei niedrigem Wassergehalt sehr groß sind, bei hoher Bodenfeuchtigkeit aber vollständig fehlen. Auch die Extrakte aus dem natürlichen Boden hemmen im nicht erhitzten Zustand die Infektion um so stärker, je größer ihre Konzentration ist.

Eindeutige Hinweise auf das Vorhandensein antagonistischer Toxine bzw. Mikroben und ihre Zerstörung bei Erhitzung waren also vorhanden. Bei der allgemeineren Bedeutung dieses Problems waren jedoch weitere sichere Belege für die antagonistische Tätigkeit des Edaphons gegenüber *Ophiobolus graminis* erforderlich. Weiterhin mußte geprüft werden, ob die Beseitigung der infektionshemmenden (Schutz-) Wirkung durch partielle Sterilisation mit der antagonistischen Tätigkeit des Edaphons in Beziehung steht. Insbesondere war die Bedeutung der bei Erhitzung erfolgenden Nährstoffaufschließung zu prüfen. Auch war zu untersuchen, ob eventuell andere Mittel der partiellen Sterilisation wie Toluol, CS_2 u. a. die gleiche Wirkung wie Erhitzung des Bodens ausübten, und ob ihrer Wirksamkeit die gleichen oder andere Ursachen zu Grunde liegen.

D. Methodisches

Als Versuchsgefäße dienten Batteriegläser (100 mm × 75 mm). Der Boden, der in einer Versuchsserie stets gleichmäßigen Wassergehalt besaß, wurde locker hineingekrümelt. Weder nach der Sterilisation noch im späteren Verlauf des Versuchs brauchte Wasser zugefügt werden, da Verdunstungsverluste durch Bedecken der Gefäße mit Hälften von Petrischalen verhindert wurden. Auf diese Weise wurden Ver-

änderungen der Bodenstruktur, auf die der Pilz sehr scharf reagiert (Winter 1937, 1938, 1939 a, 1940), vermieden. Die Infektion und Bestimmung des Laufhyphenwachstums wurde folgendermaßen durchgeführt: In Petrischalen von 10 cm Durchmesser werden 10 ccm eines Biomalzagars (2% Biomalz + 2% Agar) hineinpipettiert. 8 Tage nach der Impfung ist der Agar bis an den Rand mit *Ophiobolus graminis* bewachsen und wird nun mit einem Korkbohrer in Stückchen von 6,5 mm Durchmesser aufgeteilt. In die Erde der Versuchsgefäße werden mit einem Glasstab von 7 mm Durchmesser je zehn 13 mm tiefe Löcher gebohrt. Nachdem das Agarstückchen mit dem gleichen Glasstab auf den Grund des Loches gedrückt ist, wird der 24 Stunden vorgekeimte Same mit seinem Keimende auf die Mitte des Agars gelegt, so daß die Wurzeln diesen durchwachsen müssen. Nach 14—16 Tagen werden die Pflanzen mitsamt den Wurzeln vorsichtig aus dem Boden herausgespült und bis zur weiteren Untersuchung in Petrischalen mit 1%igem Sublimat gelassen. Die drei ältesten Keimwurzeln, die zu gleicher Zeit austreiben, werden am Samen abgeschnitten. An ihnen wird mit dem Binokular (64 ×) auf weißem Untergrund festgestellt, wieweit die dunklen, leicht sichtbaren „runner hyphae" an der Wurzel heruntergewachsen sind. Dort wird die Wurzel abgeschnitten, und ihre Länge, d. h. die Ausdehnung des Pilzwachstums, bestimmt.

Um die Wirkung der partiellen Sterilisation auf grundlegend verschiedenen Bodentypen zu studieren, wurden für die Untersuchungen ein Lößlehm und eine Komposterde herangezogen, deren Verhalten gegenüber *Ophiobolus graminis* aus den vorangegangenen Arbeiten (Winter 1939 a, b, c, d) weitgehend bekannt war, und die deutliche Anzeichen einer antagonistischen Tätigkeit des Edaphons hatten erkennen lassen.

Die Temperatur wurde mit wenigen Ausnahmen während des Versuchs konstant gehalten. Zur Infektion diente der Stamm S_1, der bereits in früheren Untersuchungen benutzt wurde (Winter 1939 a, b, c, d, 1940).

E. Die Bedeutung des Nährstoffgehaltes im Boden für die Entwicklung der Laufhyphen und des saprophytischen Myzels von *Ophiobolus graminis*

Es war zwar an sich wahrscheinlich, daß die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen infolge ihrer unmittelbaren Verknüpfung mit den Infektionshyphen weitgehend unabhängig von dem Nährstoffgehalt des Bodens sein würde; dennoch waren experimentelle Beweise unbedingt erforderlich. Es wurden zu Sand, der bis zu 40% Bodenfeuchtigkeit mit Nährlösung nach von der Crone abgesättigt war, und mäßig feuchter Humuserde Glukose und Maismehl in verschiedenen Mengen gegeben (s. Tab. I), und dann in der beschriebenen Weise die Wachs-

tumsgeschwindigkeit der Laufhyphen gemessen. Die Böden wurden in natürlichem Zustand verwandt. In einer zweiten Serie wurde dagegen die Wirkung verschiedener Zugaben von Glukose und Maismehl im sterilisierten Sand unter sterilen Bedingungen untersucht. Die Resultate nach 14 tägiger Versuchsdauer gibt die Tabelle I.

Tabelle 1

Die Wirkung von Glukose und Maismehl auf das Wachstum der Laufhyphen in Humuserde, Lößlehm und Sand

Versuchsdauer: 14 Tage. Temperatur: 22 ° C.

Bodenart	Länge der von *Ophiobolus graminis* bewachsenen Wurzelzone in mm bei Zugabe von							
	Glukose				Maismehl			Kontrolle ohne Zugabe
	0,1 %	0,5 %	1 %	2 %	0,1 %	0,5 %	1 %	
Humuserde nicht sterilisiert	—	21,1	18,8	31,2	—	24,6	17,0	21,7
Lößlehm nicht sterilisiert	—	27,4	19,9	0,0	—	8,6	11,8	31,1
Sand + von der Crone nicht sterilisiert	55,5	—	—	—	51,2	—	58,4	56,5
Sand + von der Crone sterile Bedingungen	59,6	—	—	—	58,5	—	57,7	60,1

Beginnen wir mit dem Versuch in nicht sterilem Sand, der also ohne Nährstoffzugabe organische Verbindungen nur in Spuren enthalten konnte. Die Laufhyphen wachsen aber trotz dieses Mangels weitaus besser als in der Humuserde, obwohl gerade Humusböden mit ihrem Reichtum an kohlehydratreichen Pflanzenresten nach Elliot (1930) ein hervorragendes Milieu für Hyphomyceten darstellen. Auch auf eine Zugabe von Glukose oder Maismehl, also von leicht oxydierbaren Kohlenstoffquellen, reagiert der Pilz mit keiner besseren Entwicklung. Um dem Einwand zu begegnen, daß die günstige Wirkung der Nährstoffzugabe durch gleichzeitige Begünstigung antagonistischer Bakterien verschleiert würde, wurde der Parallelversuch mit sterilem Sand und sterilem Samen (entkeimt mit Ag NO_3 und Alkohol) durchgeführt. Das Ergebnis blieb aber unverändert. Trotz des völligen Mangels einer Kohlenstoffquelle im Sand bleibt die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Laufhyphen also von der Zugabe organischer Substanzen, die das Wachstum in künstlichen Nährlösungen sehr günstig beeinflussen, völlig unberührt.

Etwas anders liegen die Verhältnisse auf den ersten Blick in der Humuserde und dem Lößlehm. In der Humuserde trat nur bei Zugabe von 2% Glukose und 0,5% Maismehl und im Lößlehm in keinem Falle eine Wachstumsbeschleunigung ein. Die Wirkung der Nährstoffzufuhr ist aber auch in der Humuserde nur gering, wenn man be-

rücksichtigt, daß Erhitzung des Bodens auf 90° C das Wachstum unter den gleichen Bedingungen auf 76,7 mm erhöht (s. Tab. XV). Zudem handelt es sich hier anscheinend nicht um eine unmittelbare Beeinflussung des Wachstums durch Nährstoffzufuhr. Die Beziehungen zwischen Nährstoffzugabe und Bodentyp belegen diese Auffassung. Steigende Glukosegaben zur Humuserde erhöhen das Wachstum der Laufhyphen von 21,1 auf 31,4 mm. Umgekehrt liegen die Verhältnisse im Lößlehm. Hier sinkt das Wachstum mit zunehmendem Glukosegehalt von 27,4 mm auf 0,00 mm. Eine unmittelbare Nährstoffwirkung für den Pilz kann also nicht vorliegen. Die an sich in künstlichem Nährmedium dem Wachstum des Pilzes sehr günstige Glukose kann nach Bodenart schwach fördernd oder aber sehr stark hemmend wirken. Für diese Erscheinung gibt es zwei Erklärungsmöglichkeiten.

1. Die Glukosezufuhr stört das Gleichgewicht des Edaphons. Je nach der Bodenart d. h. also je nach der Zusammensetzung des Edaphons wird das Verhältnis der einzelnen Mikrobenarten und ihr — hemmender oder fördernder — Einfluß auf die Laufhyphen unterschiedlich verändert. Bereits Greig-Smith (1915 a) hat beobachtet, daß Glukose in geringsten Mengen den Toxingehalt der Bodenlösung erhöht.

2. Da die maximale Wasserkapazität des Lößlehms bedeutend geringer als die wasserhaltende Kraft der Humuserde ist, könnte die Glukose bei Zugabe größerer Mengen in dem Lößlehm zu osmotischen Werten führen, die das Wachstum des Pilzes ungünstig beeinflussen. Das Wachstum der Laufhyphen müßte daher mit zunehmender Glukosekonzentration abnehmen.

Nun enthielt der Lößlehm 25% (= 50% der maximalen Wasserkapazität) und die Humuserde 50% (= 60% der maximalen Wasserkapazität) Wasser. Nach Beimischung von 2% Glukose waren in dem Lößlehm also eine achtprozentige, in der Komposterde dagegen eine vierprozentige Glukoselösung vorhanden. Diese Konzentrationen sind aber nach unseren auf künstlichen Nährmedien gemachten Erfahrungen zu gering, um das Wachstum des Pilzes so ungünstig zu beeinflussen, wie das im Lößlehm mit einem Zusatz von 2% Glukose tatsächlich der Fall ist. Zudem wird die Glukose nach den Untersuchungen von Starkey (1924) im Boden innerhalb weniger Tage völlig veratmet. Vergleichen wir schließlich die Wirkung der Nährstoffgaben in den beiden Böden unter Berücksichtigung der resultierenden Glukosekonzentration der Bodenlösung und nicht auf Grund der auf das gesamte Gewicht des Bodens bezogenen Glukoseprozente, so kommen wir ebenfalls zu dem Schluß, daß die osmotischen Kräfte nicht das entscheidende Moment für die verschiedene Wirkung der Glukose in Humuserde und Lößlehm darstellen. Eine Erhöhung der Glukosekonzentration der Bodenlösung von 2 auf 4%, d. h. eine Steigerung der Glukosegabe von 1 auf 2%

(Komposterde) bzw. von 0,5 auf 1% (Lößlehm), begünstigt nämlich in der Humuserde das Wachstum der Laufhyphen stark, während sie in dem Lößlehm den Pilz eindeutig hemmt.

Doch selbst wenn wir bei der Glukosegabe diese Frage unentschieden lassen, zeigt die Reaktion der Laufhyphen auf die Zugabe von Maismehl, dem keine solche osmotischen Nebenwirkungen zuzuschreiben sind, daß die Kohlehydratzufuhr in diesen Böden die Laufhyphen nur mittelbar unter Einschaltung über das Edaphon verlaufender Reaktionsketten beeinflußt. In der Humuserde hemmt das Maismehl (1%) schwach, im Lößlehm sehr stark (0,5% und 1%), und gerade in dem kohlehydratfreien sterilen und nicht sterilen Sand ist die Maismehlgabe völlig wirkungslos. Mittelbare Wirkungen bestimmen also im Lößlehm und der Humuserde die Reaktion der Laufhyphen auf die Nährstoffzufuhr. Ein unmittelbarer Einfluß der Kohlehydrate von Nährstoffcharakter ist nicht zu beobachten, und nach den im sterilen Sand gemachten Erfahrungen auch nicht zu erwarten.

Die erhaltenen Resultate lassen erkennen, wie außerordentlich labil die Wirkung dieser mittelbaren Reaktionsketten auf die Laufhyphen ist. Zur Erhärtung dieser Erscheinung sei ein anderer Versuch angeführt. Er wurde ursprünglich geplant, um die Ursachen der infektionshemmenden Wirkung einer Gründüngung (Rademacher 1934) auf *Ophiobolus graminis* zu erkennen. Ein Sand-Humuserdegemisch wurde mit blühenden Saubohnen, die in 5 cm lange Stücke grob zerschnitten waren, oder mit einem durch eine Fleischmaschine erzeugten Brei der gleichen Pflanzen in verschiedenem Verhältnis sorgfältig gemischt. Nachdem die so behandelten Böden 9 Wochen bei 40% Bodenfeuchtigkeit und 20° C gestanden hatten und die Pflanzenreste sehr stark humifiziert waren, wurde die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Laufhyphen in ihnen bestimmt (Tab. 2).

Tabelle 2

Wirkung grob zerschnittener und zu Breiform zerquetschter blühender Pflanzen von *Vicia faba* auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis*

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Humuserdesandgemisch. Temperatur: 22° C.

	Vicia faba grob geschnitten		Brei von *Vicia faba*			Unbehandelte Kontrolle
	5%	10%	5%	10%	20%	
Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen in mm	23,9	2,2	3,2	18,7	25,6	35,8
Anzahl der untersuchten Pflanzen	83	85	69	82	89	102

Während also die Tätigkeit der Bodenmikroben bei Gegenwart grober Stücke von *Vicia faba* so verläuft, daß bei 5% eine deutliche, bei 10% aber eine völlige Hemmung resultiert, ist bei Zugabe von *Vicia*-Brei bei 5% eine sehr starke Hemmung zu erkennen, die bei steigenden Gaben sehr stark abnimmt. Es sind die gleichen Erscheinungen wie bei Zugabe von Glukose und Maismehl zu verschiedenen Bodenarten. Nur wird in diesem Fall die Bodenart durch verschiedene Behandlung der Nährstoffzugabe ersetzt.

Das Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* ist also von dem Nährstoffgehalt des Bodens an sich unabhängig. Nährstoffzufuhr kann jedoch durch ihre Wirkung auf das Edaphon die Laufhyphen mittelbar hemmend oder fördernd beeinflussen.

Diese Unabhängigkeit der Laufhyphen vom Nährstoffgehalt des Bodens wird aus folgenden Ausführungen noch deutlicher hervorgehen: *Ophiobolus graminis* gedeiht auf künstlichen Nährmedien auch bei sehr geringem Nährstoffgehalt — z. B. 2% Leitungswasseragar ohne jeden Zusatz — ausgezeichnet. Dennoch ist der Pilz, wenn man ihn in natürlichen Boden, Humuserde, Lößlehm oder Sand (mit Nährlösung nach von der Crone) einimpft, zu keinem saprophytischen Wachstum befähigt. Das Mycel liegt ohne aktive Lebensäußerungen im Boden und wird durch Bakterien allmählich zersetzt (Garrett 1936, 1938); kommt der Pilz jedoch mit den Wurzeln einer Wirtspflanze in Berührung, so erfolgt auch im natürlichen Boden Infektion und Ausbildung der Laufhyphen. Zwei Ursachen könnten diese Erscheinung verursachen: Nahrungsmangel oder hemmende Zustände im Boden, welche im Bereich der Rizosphäre abgeschwächt werden.

Gegen Nahrungsmangel im Lößlehm oder der Humuserde spricht die Beobachtung, daß Zugabe von Maismehl an dieser Wachstumsunfähigkeit des in Form kleiner, durchwachsener Agarstückchen in den Boden gebrachten „saprophytischen" Myzels nichts ändert. Wird die Humuserde aber auf 98° C erhitzt, so wächst auch dort der Pilz saprophytisch recht gut. Im Sand kann sich das eingeimpfte Myzel dagegen bei Gegenwart von Maismehl saprophytisch ernähren. Hier bildet also der Nährstoffgehalt, in Humuserde oder Lößlehm aber irgendein thermolabiler Hemmungszustand, der im Bereich der Rhizosphäre teilweise neutralisiert wird, den begrenzenden Faktor für eine saprophytische Entwicklung.

Die begrenzenden Faktoren für die Entwicklung der Laufhyphen einerseits, des saprophytischen Myzels im Boden andererseits treten noch bedeutend klarer hervor, wenn man die Entwicklung des Pilzes in der

Umgebung der Wurzel direkt im Boden beobachtet. Sät man Weizen in Glasgefäßen auf kleinen, von *Ophiobolus graminis* bewachsenen Agarstückchen aus, die unmittelbar an der Glaswand in die Erde gebracht sind, und zwingt die Wurzeln durch Schrägstellen des Gefäßes unter Ausnutzung ihres positiven Geotropismus an der Glaswandung entlang zu wachsen, so kann man die Wurzeln und die auf ihnen wachsenden Laufhyphen mit dem Binokular unmittelbar in der Erde durch das Glas beobachten.

Beginnen wir mit der Betrachtung des einfachsten Falles, der Ausbreitung der Laufhyphen in reinem, mit destilliertem Wasser angefeuchteten Sand. Man erkennt, daß die Laufhyphen nicht streng an die Wurzeloberfläche gebunden sind. Sie bilden Seitenäste, die teilweise im Winkel von 60—70°, also schräg seitlich nach unten aus der Rhizosphäre herausstreben. Das Überraschende ist jedoch, daß diese Hyphen, die zum größten Teil die gleiche Farbe und dieselben Größenverhältnisse wie die Laufhyphen erkennen lassen, nicht oder kaum aus dem Bereich der Wurzelhaare bzw. der Nähe der Wurzeloberfläche herausgelangen. Kurz vor der Grenze der Rhizosphäre, d. h. des Bereichs der Wurzelhaare, ändern sie ihre Richtung und wachsen im Bogen wieder zur Wurzel zurück. Sie gelangen allerdings zumeist nicht ganz an die Wurzelepidermis, sondern „versuchen" erneut, sich aus der Rhizosphäre zu entfernen und müssen wieder in ihren Bereich zurückwachsen. So ist die Wurzel von zahlreichen, kurvenartig wachsenden Hyphen umhüllt. Ist eine andere Wurzel in der Nähe, so gelingt es den Hyphen, den Bereich der Wurzelhaare zu verlassen. Sie wachsen geradlinig auf die benachbarte Wurzel zu, so daß ein lebhaftes Hin und Her von Hyphen zu erkennen ist. Erhält der Sand nun eine Gabe von 0,1% Maismehl, so gelingt es den Hyphen ohne weiteres, aus der Rhizosphäre herauszuwachsen. Steigert man den Maismehlgehalt des Sandes auf 1%, so kann man die Laufhyphen verfolgen, wie sie 40—60 mm weg von der Wurzel auf der Glasoberfläche und den Sandkörnchen wachsen. Die einzelnen Hyphen lassen sich infolge der braunen Farbe zusammenhängend über die ganze Strecke beobachten und mittels ihrer Abzweigung von den auf der Wurzelepidermis vordringenden echten Laufhyphen einwandfrei identifizieren. Die Laufhyphen werden im Sand also nur durch Nährstoffmangel an einer völligen Lösung ihres parasitischen Verhältnisses gehindert. Die Bindung der Laufhyphen an die Wurzel bzw. das Unvermögen des Pilzes zu saprophytischer Lebensweise ist also im Sand ein reines Nährstoffproblem.

Interessant ist hierbei, daß die im reinen Sand im Bereich der Rhizosphäre wachsenden Hyphen oft viele Zentimeter hindurch in keine

direkte Berührung mit der Wurzel treten und keine Infektionshyphen abzweigen. Sie müssen daher von den Wurzelausscheidungen ihren Nahrungsbedarf bestreiten, wie das Stille kürzlich für verschiedene Mikroorganismen der Rhizosphäre nachgewiesen hat (1938). Das bogige Rückkehren in den Bereich der Wurzel scheint eine chemotropische Reaktion auf die dort befindlichen Nährstoffe zu sein. Wird dieses Reizgefälle durch Maismehlzugabe oder die Ausscheidungen einer benachbarten Wurzel abgeschwächt, so wachsen die Hyphen aus dem Bereich der Rhizosphäre in den Boden hinein. Aber auch nach Maismehlzugabe läßt sich noch bei Annäherung frei im Boden wachsender Myzelien an eine Wurzel ein tropistischer, von der Rhizosphäre ausgehender Reiz beobachten. Er ist zwar nicht mehr hinreichend stark, um im nährstoffarmen Substrat die Laufhyphen völlig in seinen Bann zu schlagen, doch läßt sich eine ausrichtende Wirkung auf die sich nähernden Myzelien mehr oder minder deutlich feststellen. Bemerkt sei noch, daß eine Zugabe von 0,1% Glukose zu dem Sand die Laufhyphen nicht von ihrer Bindung an die Wurzeln löst. Doch muß berücksichtigt werden, daß Glukose nach Starkey (1924) in wenigen Tagen im Boden völlig veratmet wird. Da die Aussaat der Sämlinge erst 3 Tage nach der Glukosegabe erfolgte und bis zum Beginn eines deutlichen Laufhyphenwachstums weitere 8 Tage vergingen, ist das Fehlen der Glukose-Wirkung verständlich.

Wesentlich anders verhalten sich die Laufhyphen in der natürlichen Humus- und Lößerde. Sie sind völlig auf die Wurzeloberfläche beschränkt, das im Sand beobachtete bogige Wachstum in ihrem parasitischen Verhältnis gelockerter Laufhyphen fehlt bis auf schwache Anzeichen. Diese Erscheinung steht in (völliger) Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Padwick (1935), Adam und Colqhoun (1936) und Fellows (1937). Nach ihren Untersuchungen kann sich der Pilz im natürlichen Boden nur an den Wurzeln seiner Wirtspflanzen ausbreiten. Nährstoffmangel kann für dieses Verhalten nicht verantwortlich gemacht werden, da die Komposterde in ihrem außerordentlichen Reichtum an organischer und anorganischer Substanz dem reinen Sand weit überlegen ist. Auch Zugabe von Glukose (0,5%; 2%) und Maismehl (0,5%; 1%) konnte dementsprechend die Laufhyphen zu keinem saprophytischen Wachstum anregen. Zweistündige Erhitzung auf 98° C steigerte dagegen nicht nur die Ausbreitung der Laufhyphen auf den Wurzeln, sondern lockerte gleichzeitig ihre Bindung an die Rhizosphäre völlig. Von den Laufhyphen zweigt nunmehr ein dichtes Myzelgeflecht ab, das zentimetertief in den Boden eindringt. Durch die partielle Sterilisation wird also ein hemmender Bodenzustand beseitigt, der die Laufhyphen selbst am raschen Vordringen

an den Wurzeln und an der Ausbildung saprophytisch gedeihender, von der Wurzel unabhängiger Myzelien hindert. Trotz der Wirkung dieses Hemmungsfaktors, der das saprophytische Wachstum bei ausreichenden Nährstoffmengen völlig unterdrückt, gelingt es den Laufhyphen, sich unmittelbar auf der Epidermis, wenn auch sehr langsam, auszubreiten. In der unmittelbaren Nähe der Wurzel muß also dieser hemmende Einfluß durch die Wurzelausscheidungen abgeschwächt sein. Besonderer Nachdruck ist darauf zu legen, daß eingeimpftes Myzel, „saprophytische Seitenzweige der Laufhyphen" und die Laufhyphen selbst durch den hemmenden Bodenzustand in gleicher Weise betroffen werden, und alle auf seine Beseitigung durch partielle Sterilisation mit besserer Entwicklung reagieren. Die Laufhyphen sind also den gleichen hemmenden Einflüssen unterworfen wie das saprophytische Myzel von *Ophiobolus graminis.* In ihrer Reaktion auf bestimmte, die Ernährung nicht betreffende Umwelteinflüsse können die Laufhyphen also als Myzelien eines bodenbewohnenden Pilzes aufgefaßt werden.

Für die Laufhyphen ist die Aufschließung von Nährstoffen also ohne Bedeutung. Etwas anders liegen die Verhältnisse dagegen für die saprophytische Entwicklung des Pilzes. Wie erwähnt, ist die infektionshemmende Wirkung der Komposterde bei hoher Bodenfeuchtigkeit so gering, daß sich die Laufhyphen in der natürlichen und sterilisierten Komposterde annähernd gleich gut entwickeln. Dagegen sind die Unterschiede in dem Wachstum saprophytischer Seitenäste der Laufhyphen oder eingeimpften saprophytischen Myzels in partiell sterilisierter und natürlicher Komposterde auch bei hohem Wassergehalt nicht ausgeglichen. Zwar entwickeln sich die saprophytischen Hyphen infolge Abschwächung der hemmenden Eigenschaften natürlicher Komposterde besser als in dem trocknen Boden, das üppige Wachstum wie in sterilisierter Erde ist aber nicht zu beobachten. In natürlicher Komposterde wirkt sich Nährstoffzufuhr also infolge der Interferenz eines thermolabilen Faktors nicht auf die Entwicklung der saprophytischen Phase des Pilzes aus, während im sterilisierten Boden die Beseitigung dieser thermolabilen Kraft infolge der dann begrenzenden Wirkung des Nährstoffgehaltes relativ schwach in Erscheinung tritt. Die saprophytische Entwicklung des Pilzes wird in natürlicher Komposterde also vor allem durch den — auch für das Wachstum der Laufhyphen entscheidenden — thermolabilen Faktor, daneben aber auch durch Nährstoffmangel begrenzt.

Bisher haben wir also folgende Tatsachen festgestellt:

1a) Das Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen ist unabhängig vom Nährstoffgehalt des Bodens.

b) Nährstoffzugabe kann die Laufhyphen jedoch durch Einschaltung über das Edaphon verlaufender Reaktionsketten mittelbar hemmend oder fördernd beeinflussen.

2a) Das Fehlen saprophytischen Wachstums von *Ophiobolus graminis* bzw. die Bindung der von den Laufhyphen ausgehenden Myzelien an die Rhizosphäre in Sand mit anorganischer Nährlösung ist auf Nährstoffmangel zurückzuführen. Die Wurzeln scheiden Stoffe aus, die dem Pilz ein saprophytisches Wachstum in beschränktem Umfange ermöglichen. Von der Rhizosphäre gehen tropistische Reize aus, die um so deutlicher sind, je nährstoffärmer das Medium ist.

b) Die Unfähigkeit des Pilzes, in der untersuchten Humuserde bzw. dem Lößlehm saprophytisch zu wachsen bzw. von den Laufhyphen aus saprophytische Seitenäste zu bilden, beruht nicht auf Nährstoffmangel. Entscheidend für dieses Verhalten ist ein thermolabiler Hemmungszustand im Boden. Daneben hat allerdings auch Nährstoffmangel eine gewisse Bedeutung. Der Hemmungsfaktor muß in unmittelbarer Nähe der Wurzeln soweit abgeschwächt werden, damit das, wenn auch relativ schwache Wachstum der Laufhyphen erfolgen kann. Erhitzung auf 98° C ermöglicht infolge Vernichtung des thermolabilen Hemmungszustandes und Aufschließung von Nährstoffen ein gutes saprophytisches Wachstum und die Abzweigung zahlreicher saprophytischer Myzelien von den Laufhyphen.

F. Der Antagonismus des Edaphons und seine Bedeutung für die Wirkung der partiellen Sterilisation

a) Die Wirkung entkeimter wässeriger Bodenextrakte

Die bessere Entwicklung der Laufhyphen nach Erhitzung des Bodens beruht also nicht auf Nährstoffaufschließung. Es bleibt somit nur die Möglichkeit der Zerstörung antagonistischer Mikroben oder der durch sie gebildeten Toxine und — im Falle einer Wachstumssteigerung nach partieller Sterilisation durch flüchtige Antiseptika — einer Stimulation durch die angewandten Chemikalien. Jedoch sind, wie wir sehen werden, die Versuchsresultate so eindeutig, daß die Bedeutung derartiger stimulierender Einflüsse nebenher abgehandelt werden kann.

Bevor die Beziehungen zwischen Antagonismus und partieller Sterilisation erörtert werden, sei kurz auf die Wirkung entkeimter wässeriger Bodenauszüge auf die Laufhyphen eingegangen. Bereits früher (Winter 1939 b) wurde beobachtet, daß Extrakte aus der hier benutzten Humuserde nach Beimischung zu Quarzsand bei hinreichender Konzentration

infektionshemmende Eigenschaften erkennen lassen. Das Wachstum der Laufhyphen nahm mit steigender Konzentration des Bodenauszuges ab. Wurde der Extrakt sterilisiert, so steigerte sich — bei hoher Konzentration — das Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen.

Mit Rücksicht auf die grundlegende Bedeutung dieser Ergebnisse war eine Wiederholung des Versuchs und Einbeziehung des bisher nicht geprüften Lößlehms in die Untersuchung geboten.

Sieben-Liter-Rundkolben wurden bis über die Hälfte mit der Humuserde bzw. dem Lößlehm gefüllt und soviel destilliertes Wasser hinzugegeben, daß es die Bodenoberfläche cirka 2 cm hoch bedeckte. Darauf wurde 2 Stunden geschüttelt, nach dem Absetzen durch Fließpapier und anschließend durch Seitz E. K.-Schichten filtriert. Dieses „Ausgangsfiltrat" wurde in einer großen Schale bei Zimmertemperatur auf ein Viertel seines Volumens eingedampft, nochmals durch E. K.-Schichten entkeimt und durch Zugabe sterilen destillierten Wassers auf die in der Tabelle III angegebenen Konzentrationen (bezogen auf das Ausgangs-

Tabelle 3

Der Einfluß natürlicher und erhitzter, durch Ultrafilter entkeimter Extrakte verschiedener Konzentration aus Lößlehm und Komposterde auf das Wachstum der Laufhyphen in Quarzsand

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Sand mit Bodenextrakten verschiedener Konzentration bis zu 40 % der maximalen Wasserkapazität angefeuchtet. Temperatur: 20° C.

			Konzentration					
			4	1,33	1	0,33	0,2	0,11
Wachstum der Laufhyphen in mm	Extrakt aus Humuserde	nicht sterilisiert	38,5	46,7	48,5	56,7	57,6	61,0
		1 Stunde erhitzt auf 98° C	53,5	54,2	52,3	51,5	55,3	54,2
	Extrakt aus Lößlehm	nicht sterilisiert	41,1	47,9	51,5	56,9	59,7	63,1
		1 Stunde erhitzt auf 98° C	40,1	39,4	48,8	56,1	56,4	58,8
Anzahl der untersuchten Wurzeln	Extrakt aus Humuserde	nicht sterilisiert	97	63	72	70	77	77
		1 Stunde erhitzt auf 98° C	85	84	86	98	79	81
	Extrakt aus Lößlehm	nicht sterilisiert	97	97	86	73	76	69
		1 Stunde erhitzt auf 98° C	96	76	89	85	73	106

filtrat = 1) verdünnt. Die verschiedenen Verdünnungen wurden zur Hälfte 1 Stunde im Dampftopf erhitzt und die erhitzten und nicht erhitzten Extrakte mit trockenem Quarzsand gemischt, so daß dieser bis zu 40% seiner maximalen Wasserkapazität mit den wässerigen Bodenauszügen abgesättigt war. Der so behandelte Sand wurde in Batteriegläser gefüllt, der Weizen auf dem üblichen Wege infiziert und das Wachstum der Laufhyphen an den Wurzeln bestimmt. Nach 14 tägiger Versuchsdauer ergab sich folgendes Bild (Tabelle 3, Abb. 1):

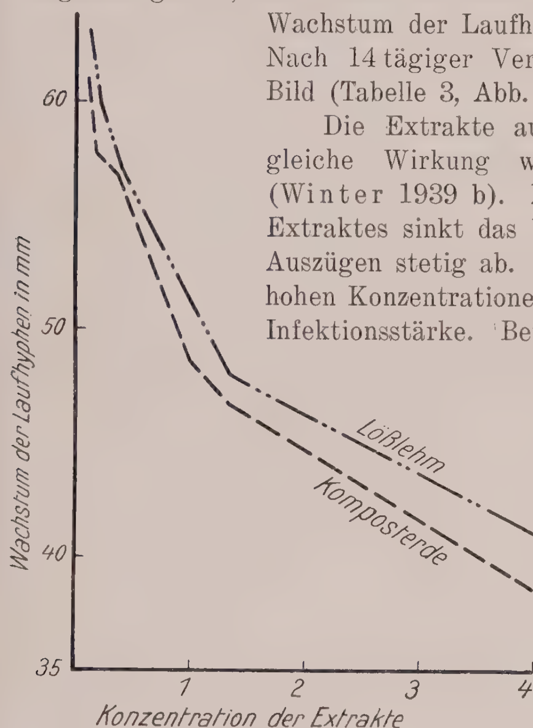


Abb. 1

Die Wirkung verschieden konzentrierter entkeimter Extrakte aus Lößlehm (— . . — . . —) und Komposterde (— — —) auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* (vgl. Tabelle 3)

Die Extrakte aus der Humuserde zeigen die gleiche Wirkung wie in den früheren Versuchen (Winter 1939 b). Mit steigender Konzentration des Extraktes sinkt das Wachstum in den nicht erhitzten Auszügen stetig ab. Die Sterilisation bewirkt nur bei hohen Konzentrationen (4; 1,33; 1) eine Zunahme der Infektionsstärke. Bei stärkerer Verdünnung ist das Wachstum der Laufhyphen dagegen in den erhitzten Filtraten geringer als in den unbehandelten Extrakten. Die Zerstörung thermolabiler antagonistischer Stoffe durch die Erhitzung ist somit nur oberhalb einer gewissen Konzentration nachweisbar. Diese bereits früher gemachte Beobachtung muß überraschen, denn die Infektionsstärke nimmt im nicht erhitzten Bodenauszug mit steigender Konzentration des Extraktes ab, eine Tatsache, die wahrscheinlich auf die Konzentrationserhöhung der Hemmungsstoffe zurückzuführen ist. Es wäre daher zu erwarten, daß die Sterilisation sich in jedem Falle — auch bei niedriger Konzentration — in einer — wenn auch bei niedrigem Toxingehalt geringeren — Erhöhung der Laufhyphenentwicklung auswirkt. Dementsprechend müßte auch in dem erhitzten Bodenauszug das Wachstum der Laufhyphen mit steigender Konzentration des Bodenauszuges schwächer werden. In Wirklichkeit löst jedoch die Sterilisation bei niedriger Konzentration des Extraktes eine Abnahme der Infektionsstärke aus, und das Wachstum der Laufhyphen ist in den erhitzten Filtraten von der Konzentration weitgehend unabhängig. Diese Erscheinung ließe sich viel-

leicht unter der Annahme erklären, daß durch die Erhitzung nicht nur infektionserhöhende Reaktionen, wie die Zerstörung der Hemmungsstoffe, erfolgen, sondern gleichzeitig irgendwelche schädlichen Veränderungen stattfinden. Das ist an sich denkbar, da der Bodenauszug sich bei Erhitzung dunkel verfärbt und recht beträchtliche Niederschläge ausfallen. Der Nachweis, daß im Boden solche infektionshemmenden chemischen Reaktionen bei Erhitzung auf 100° C erfolgen, wird weiter oben (vgl. S. 246) erbracht. Im konzentrierten Extrakt werden nun die Hemmungsstoffe infolge ihrer hohen Konzentration der begrenzende Faktor für die Entwicklung der Laufhyphen sein, so daß ihre Zerstörung deutlich hervortritt. Die Auswirkung der ungünstigen, bei der Erhitzung verlaufenden Reaktionen tritt daneben in den Hintergrund. In dem Maße, wie die begrenzende Wirkung der Hemmungsstoffe in den verdünnten Auszügen abnimmt, gewinnen aber diese Reaktionen an Bedeutung. Sie maskieren daher die Auswirkung der Hemmungsstoffvernichtung, so daß die Erhitzung ihren günstigen Einfluß auf die Entwicklung der Laufhyphen verliert, und die Infektion in den erhitzten Auszügen einen bestimmten Wert nicht überschreitet. Die Abnahme des Laufhyphenwachstums bei zunehmender Konzentration und die bessere Entwicklung des Pilzes in den sterilisierten hochkonzentrierten Extrakten lassen also auf die Gegenwart von Hemmungsstoffen schließen, die anscheinend zum Teil thermolabiler Natur sind.

Auch in den Lößlehmextrakten nimmt das Wachstum der Laufhyphen mit steigender Konzentration deutlich und stetig ab. Eine bessere Entwicklung der Laufhyphen erfolgt nach der Sterilisation in keinem Falle. Die Werte im sterilisierten Extrakt liegen im Gegenteil im allgemeinen niedriger als im unbehandelten Bodenauszug. Auch in dem sterilisierten Extrakt steigt das Wachstum der Laufhyphen mit abnehmender Konzentration stetig an. In dem Lößlehm scheinen also gleichfalls Hemmungsstoffe vorhanden zu sein, die jedoch durch die Sterilisation nicht beseitigt werden. Danach erscheint es zunächst unmöglich, die Zerstörung dieser „Toxine" zur Erklärung der besseren Entwicklung der Laufhyphen nach Erhitzung des Lößlehms heranzuziehen. Wie später ausgeführt wird, ist eine Zerstörung der Toxine aber nicht erforderlich, sofern nur die sie bildenden Mikroben bei der Erhitzung abgetötet werden (vgl. S. 238). Die Hemmungsstoffe können dann infolge mangelnder Neubildung und Zersetzung durch biologische oder chemische Prozesse rasch verschwinden.

Selbstverständlich soll nicht behauptet werden, daß in den Extrakten alle im Boden vorkommenden „Toxine" erfaßt würden. Schon die Extraktion bedeutet eine erhebliche Störung des normalen Bodenzustandes. Insbesondere sind nach den bisherigen Beobachtungen die im Boden vor-

handenen „Toxine" häufig gegen Sonnenlicht (Greig-Smith 1912, Kosaroff 1907) oder Oxydation (Greig-Smith 1912, Pickering 1908 a, b, 1910 a, b) empfindlich. Da beim Eindunsten und ebenso im Verlauf der sehr langsamen, sich über mehrere Tage erstreckenden Filtration (die Poren des Filters verstopften sofort durch die feinen Bodenteilchen) Licht und Luft ausgiebig auf den Bodenauszug einwirken konnten, kann ein großer Teil der Toxine zerstört worden sein.

b) Die partielle Sterilisation von Lößlehm

Nehmen wir an, daß die bessere Entwicklung der Laufhyphen nach Erhitzung des Bodens auf Zerstörung antagonistischer Mikroben bzw. der von ihnen gebildeten Toxine beruht, so ist zu erwarten, daß eine Reinfektion der partiell sterilisierten Erde mit geringen Mengen unbehandelten Bodens, d. h. erneute Zufuhr der antagonistischen Mikroben, den Hemmungszustand wiederherstellt. Nun ist jedoch bei der Reinfektion mit normalem Boden zu berücksichtigen, daß durch die Zugabe der unbehandelten Erde in Mengen von 0,2 bis 5% eine Beimischung von Hemmungsstoffen zum partiell sterilisierten Boden erfolgt. Diese könnten sich bei hohem Toxingehalt gleichfalls in einer Verminderung des Ausbreitungsvermögens der Laufhyphen auswirken. Um diese mögliche Wirkung beurteilen und in Rechnung stellen zu können, war es erforderlich, den natürlichen Lößboden einem möglichst „indifferenten" Substrat, auf dem eine Impfwirkung ausgeschaltet war, in wechselnden Mengen beizumischen. Als „neutrales" Medium wurde reiner Quarzsand gewählt, der mit destilliertem Wasser bis zu 40% seiner maximalen Wasserkapazität abgesättigt war. 0,2%, 1,0%, 2% und 5% Lößlehm wurden ihm beigemengt. Nach 14 tägiger Versuchsdauer ergab die Messung der verpilzten Wurzelzonen folgendes Bild (vgl. Tab. 4 und Abb. 2):

Tabelle 4

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Beimischung verschiedener Mengen von Lößlehm zu Quarzsand

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Sand mit Lößlehmbeimischung. Temperatur: 20° C.

	Lößlehmbeimischung zu Sand in Gewichtsprozenten				
	0,0 %	0,2 %	1 %	2 %	5 %
Länge der verpilzten Wurzelzone in mm	69,1	63,4	60,8	63,4	64,2
Anzahl der untersuchten Wurzeln	75	78	68	56	63

Das Wachstum der Laufhyphen wird durch die Beimischung des Lößlehms kaum verändert. Zwar ist in allen Fällen eine geringe Abnahme der Infektion durch Lößzugabe zu beobachten, doch fällt diese

bei Reinfektionsversuchen, wie wir sehen werden, nicht ins Gewicht. **Bei Reinfektionen mit 0,2% bis 5% Lößlehm ist also eine Interferenz durch die Beimischung antagonistischer Hemmungsstoffe nicht zu befürchten.**

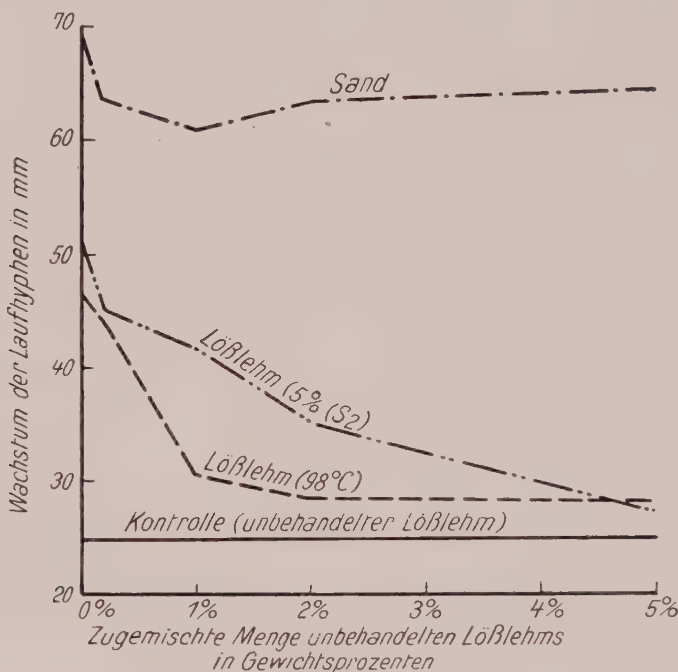


Abb. 2

Der Einfluß einer Beimischung verschiedener Mengen von Lößlehm zu Sand (. — . — . — auf das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* (vgl. Tabelle 4). Die Rückbildung der infektionshemmenden Eigenschaften eines durch Erhitzung auf 98 ° C (— — —) (vgl. Tabelle 7) bzw. durch Behandlung mit 5 % Schwefelkohlenstoff (— . . — . . —) (vgl. Tabelle 12) partiell sterilisierten Lößlehms durch Reinfektion mit verschiedenen Mengen desselben Bodens.

1. Die partielle Sterilisation von Lößlehm durch erhöhte Temperatur.

Um die bei partieller Sterilisation durch Hitze eintretenden Veränderungen genauer zu erfassen, wurde bei den Reinfektionsversuchen gleichzeitig die Wirkung verschiedener Hitzegrade untersucht. Lößlehm gleichmäßiger Bodenfeuchtigkeit wurde in Glasbehältern (1 Liter), die jeden Wasserverlust verhinderten, im Wasserbad 2 Stunden bei der jeweiligen Temperatur gehalten. Auf 134° C wurde $^3/_4$ Stunde im Autoklav erhitzt. Bei der Reinfektion mit 5% unbehandelter Erde wurde auf gründliche und gleichmäßige Durchmischung geachtet.

Die in der Tabelle 5 und Abb. 3 zusammengefaßten Ergebnisse zeigen, daß die nach partieller Sterilisation erhöhte Wachstumsgeschwin-

Tabelle 5

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation von Lößlehm durch verschiedene Temperaturen und nach Reinfektion der erhitzten Böden mit 5 % unbehandeltem Lößlehm

Versuchsdauer: 14 Tage. Substrat: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

		Kontrolle nicht erhitzt	2 Stunden erhitzt auf						
			50° C	60° C	70° C	80° C	90° C	98° C	134° C
Länge der verpilzten Wurzelzonen in mm	nicht reinfiziert	24,8	36,1	46,6	54,7	48,5	47,8	46,4	25,2
	reinfiziert mit 5 % unbehandelten Bodens	—	27,8	29,7	34,1	30,0	24,2	28,8	16,9
Anzahl der untersuchten Wurzeln	nicht reinfiziert	63	64	49	29	34	22	23	31
	reinfiziert mit 5 % unbehandelten Bodens	—	39	43	35	49	49	36	49

digkeit der Laufhyphen durch Reinfektion stets sehr stark herabgesetzt wird und annähernd auf den im unbehandelten Boden gefundenen Wert zurückgeht. Der Einfluß einer Beimischung von Hemmungsstoffen kann jedoch bei Zugabe unbehandelten Bodens in der angewandten Menge vernachlässigt werden. Die Rückbildung des dem natürlichen Boden eigenen, durch die partielle Sterilisation beseitigten, infektionshemmenden Zustandes nach Zugabe von 5% unbehandelten Lößlehms muß also als eine reine Reinfektionswirkung aufgefaßt werden. Durch die partielle Sterilisation werden augenscheinlich Mikroben abgetötet, die in dem unbehandelten Lößlehm die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen herabsetzen, eingeimpftes Myzel des Pilzes am saprophytischen Wachstum hindern, bzw. die Ausbildung saprophytischer, von den Laufhyphen ausgehender Myzelien unterbinden. Die Reinfektion bringt diese „Antagonisten" wieder zur Entwicklung und stellt somit den früheren Hemmungszustand wieder her. Es darf nicht überraschen, daß das Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen in der Regel nicht ganz auf den Kontrollwert zurückgegangen ist. Man muß in Erwägung ziehen, daß Saat und Impfung unmittelbar auf die Reinfektion folgten. Es wird aber einige Zeit in Anspruch nehmen, bis die antagonistischen Mikroben wieder in hinreichender Anzahl vorhanden und ihre Stoffwechselprodukte in genügenden Mengen angereichert sind.

Da die Laufhyphen vom Nährstoffgehalt des Bodens unabhängig sind, kann der Einfluß der Reinfektion nicht mit Änderungen des Nährstoffgehaltes in Beziehung stehen, wie sie infolge der Keimzahlerhöhung nach Impfung partiell sterilisierter Böden (Waksman und Starkey 1923 a) unter Umständen eintreten könnten. Auch die CO_2-Produktion wird nach den Untersuchungen von Waksman und Starkey (1923 a) durch die Reinfektion gesteigert. Doch kann die Infektionshemmung hiermit nicht zusammenhängen; denn infolge der überaus lockeren

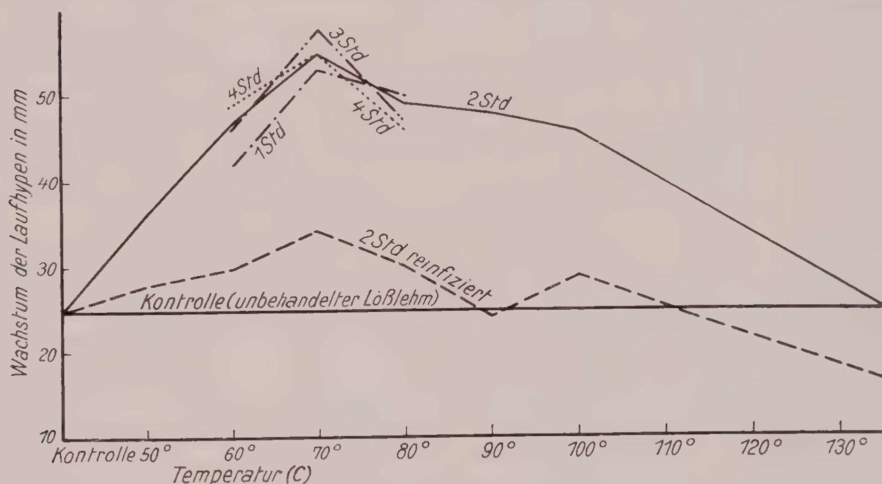


Abb. 3

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Erhitzung von Lößlehm auf verschiedene Temperaturen bzw. nach Reinfektion des erhitzten Bodens mit unbehandeltem Lößlehm (vgl. Tabelle 5 und 9)

— . — . — eine Stunde erhitzt ———— 2 Stunden erhitzt
— . . — . . — 3 Stunden erhitzt . . . . 4 Stunden erhitzt
— — — — 2 Stunden erhitzt und reinfiziert.

Bodenstruktur in den Versuchsserien war eine praktisch wirksame Kohlendioxydanreicherung in der Bodenluft von vornherein unterbunden. Zudem wissen wir, daß die infektionshemmenden Eigenschaften des natürlichen lockeren Lößlehms mit dem CO_2-Gehalt der Bodenluft in keinerlei Zusammenhang stehen (Winter 1939 b).

Wir können somit aus der Tatsache, daß nach partieller Sterilisation durch Temperaturen zwischen 50° und 134° C Reinfektionen mit 5% unbehandelten Bodens stets eine Wiederherstellung des früheren infektionshemmenden Zustandes bewirken, schließen, daß durch die partielle Sterilisation antagonistische Mikroben abgetötet werden.

Die Ergebnisse stehen im Gegensatz zu den Resultaten von Garrett (1936). Reinfektion zeigt in seinen Versuchen keine infektionshemmende Wirkung, wenn der Versuch unmittelbar nach der Impfung begann.

Es ist zunächst überraschend, daß die Abtötung der Antagonisten ohne weiteres den Hemmungszustand beseitigt, da es ja letzten Endes nicht auf die Zerstörung der Antagonisten, sondern auf die Beseitigung der von ihnen gebildeten Hemmungsstoffe ankommt. Denn nicht die Gegenwart der Antagonisten an sich, sondern die durch sie hervorgerufenen physikalischen oder chemischen Änderungen müssen die eigentliche Ursache des Hemmungszustandes sein. Der Zerstörung der Mikroben käme nur im Falle einer Parasitierung des Pilzes unmittelbare Bedeutung zu. Doch muß berücksichtigt werden, daß die Entfernung der Toxine auf zweierlei Weise erfolgen kann:

1. Durch unmittelbare Zerstörung bei erhöhter Temperatur.
2. Die gebildeten Hemmungsstoffe werden im Boden wahrscheinlich durch andere Mikroben [man denke an die Zersetzung für zahlreiche Mikroben „toxischer" Stoffe wie Phenol, m-Kresol, Naphthalin, Toluol und Xylol durch Bakterien (Störmer 1907, S. 115; Sen Gupta 1921; Matthews 1923; Tattersfield 1927; Tausson 1927; Jacobs 1931; Gray und Thornton 1928)], die sie weiter abbauen, durch chemische Umsetzungen (Oxydation; Pickering l. c.) oder durch photochemische Reaktionen (Greig-Smith 1911) entgiftet. Diese Zerstörung wird aber in Anwesenheit der Antagonisten durch dauernde Neubildung ausgeglichen, so daß stets eine gewisse Menge Toxin im Boden vorhanden ist. Ist jedoch nach Abtötung der Antagonisten diese Quelle versiegt, so muß der Boden rasch entgiftet werden. Die Zerstörung der Antagonisten kommt also wahrscheinlich, wenn auch nicht sofort, so doch nach wenigen Tagen einer Zerstörung der Toxine gleich.

Die Vernichtung der Antagonisten bei der Erhitzung erweist der Reinfektionsversuch mit Sicherheit. Es erhebt sich aber die Frage, ob die Entgiftung des Bodens nur auf fehlender Neubildung von Hemmungsstoffen infolge Abtötung der Antagonisten oder gleichzeitiger thermischer Umwandlung der Hemmungsstoffe beruht.

Eine Analyse der Beziehungen zwischen Sterilisationstemperatur und Laufhyphenentwicklung gibt einen tieferen Einblick in dieses Problem: Die Abtötung antagonistischer Mikroben macht sich bereits bei 50° C bemerkbar, wie die gegenüber der Kontrolle bessere Entwicklung der Laufhyphen und die Reinfektionswirkung beweist. Durch Erhöhung der Temperatur auf 60° und 70° C nimmt das Wachstum der Laufhyphen weiterhin zu. Der hemmende Zustand im Boden wird also in steigendem Maße beseitigt. Die über 70° C erfolgende Umkehrung dieser Erscheinung bleibt zunächst außer Betracht.

Somit geht die Beseitigung des Hemmungszustandes zwischen 50° und 70° C der Temperatur parallel. Berücksich-

tigen wir die Tatsache der Reinfektionswirkung, d. h. der Antagonistenzerstörung, so gibt es für diese Erscheinung zunächst 3 Erklärungen:

1. Es könnten bereits bei 50° C alle Antagonisten abgetötet sein. Die weitere Zunahme der Infektionsstärke würde dann auf einer mit steigender Temperatur beschleunigten Zerstörung ihrer thermolabilen Hemmungsstoffe beruhen.

2. Mit steigender Temperatur werden die Antagonisten in zunehmendem Maße abgetötet.

3. Mit steigender Temperatur werden sowohl Antagonisten wie Toxine in steigendem Maße durch die Hitzewirkung zerstört.

Zu 1) Die Richtigkeit der ersten Erklärungsmöglichkeit läßt sich auf zwei Wegen entscheiden.

a) Zunächst wurde untersucht, wie eine Beimischung von 5% des auf 50° C erhitzten Bodens zu dem auf 60° und 70° C erwärmten Lößboden bzw. eine Beimengung der bei 60° C partiell sterilisierten Erde zu dem mit 70° C behandelten Boden die Laufhyphenentwicklung beeinflußt. Das Ergebnis wird durch die Tabelle 6 veranschaulicht.

Tabelle 6
Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einem auf 60° und 70° C erhitzten Lößlehm nach Reinfektion mit 5% auf 50° oder 60° C erhitzten Lößlehm
Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

	Erhitzt auf			Kontrolle	60° C-Boden mit 5% 50° C-Boden reinfiziert	70° C-Boden reinfiziert mit		
	50° C	60° C	70° C			normalem Boden	50° C-Boden	60° C-Boden
Wachstum in mm . .	36,1	46,6	54,7	24,8	35,1	34,1	37,2	46,8
Anzahl der untersuchten Wurzeln . .	64	49	29	64	53	35	63	49

Sowohl der 50°- wie der 60°-Boden üben also noch eine deutliche Reinfektionswirkung aus. Die Impfung wirkt aber um so schwächer, je höher der Boden erhitzt wurde. Das besagt, daß bei 50° C und 60° C nicht alle Antagonisten vernichtet sind. Weiterhin folgt, daß die Antagonisten bei steigender Temperatur in immer stärkerem Maße abgetötet werden.

b) Wie später gezeigt wird, bewirkt auch eine partielle Sterilisation mit 5% CS_2 eine bessere Entwicklung der Laufhyphen, und zwar wird annähernd dasselbe Wachstum wie nach Erhitzung auf 70° C beobachtet. Auch die Wirkung des CS_2 ist, wie Reinfektionsversuche

beweisen, auf Abtötung der Antagonisten zurückzuführen. Behandlung des auf 50° C oder 60° C erhitzten Bodens mit 5% CS_2 ruft nun eine weitere Erhöhung der Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen von 36,1 mm auf 51,1 mm bzw. von 46,6 mm auf 49,8 mm hervor. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Schwefelkohlenstoff durch Abtötung der Antagonisten wirkt, ergibt sich, daß in dem auf 50° C und 60° C erhitzten Boden nicht alle Antagonisten zerstört waren.

Zu 2) Bereits die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, daß eine mit der Temperatur zunehmende Zerstörung der Antagonisten erfolgt.

Damit bleibt aber zunächst unentschieden, ob es sich hier um eine durch Temperaturerhöhung gesteigerte Abtötungsgeschwindigkeit einer Mikrobenart oder die stufenweise Abtötung verschiedenartiger Gruppen von Antagonisten handelt. Es steht also die Frage zur Diskussion, ob die Hemmungszustände im Boden von einer oder mehreren Bakterienarten veranlaßt werden. Es ist an sich nicht von der Hand zu weisen, daß bereits bei zweistündiger Erhitzung auf 50° C einige, aber erst nach zweistündiger Einwirkung einer Temperatur von 70° C alle Individuen einer Art abgetötet werden. Wir wissen, daß die Abtötung von Bakterien nach den Gesetzen monomolekularer chemischer Reaktionen, also zuerst schnell und dann langsamer verläuft (Sattler 1929, Lembke 1937). Die Vernichtung aller Individuen einer Art erfolgt also nicht, wie früher angenommen wurde, (vgl. Sattler 1929, S. 100), momentan, sondern zur vollständigen Abtötung der vorhandenen Keime ist eine bestimmte Zeit erforderlich, die mit steigender Temperatur nach der R. G. T.-Regel infolge Reaktionsbeschleunigung abnehmen muß. Die Infektionshemmung nimmt nun mit steigender Dauer der Erhitzung auf 60° C ab (vgl. Tabelle IX). Die Zahl der vernichteten Individuen der einen einheitlichen Antagonistenart könnte danach also bei bestimmter Temperatur der Dauer der Temperaturwirkung proportional sein. Auch die Abnahme der Infektionshemmung mit steigender Temperatur (bis 70° C) könnte man auf die gemäß der R. G. T.-Regel ansteigende Zahl der nach zweistündiger Erhitzung abgetöteten Keime der antagonistischen Mikrobenart zurückführen.

Doch kann diese an sich plausible Abnahme nicht richtig sein. Die Wirkung der Reinfektion bleibt nämlich unter Voraussetzung der allmählichen Abtötung einer Bakterienart unverständlich. Nehmen wir einmal an, es gäbe im Boden nur einen gegen *Ophiobolus graminis* antagonistischen Mikroorganismus. Nun steigt nach Erhitzung auf 70° C das Wachstum der Laufhyphen von 24,8 auf 54,7 mm, also um 30 mm. Nach Erwärmung auf 50° C bzw. 60° C beträgt das Wachstum dagegen nur 36,1 bzw. 46,6 mm. Es ist also gegenüber der Kontrolle nur um 12 bzw. 22 mm gestiegen. Da die Infektion bei 70° C ihr Maximum er-

reicht, ist anzunehmen, daß bei dieser Temperatur 100% oder eventuell weniger (vgl. S. 243) der Antagonisten vernichtet sind. Nun wird die antagonistische Wirkung in den erhitzten Böden annähernd der Zahl der Antagonisten proportional sein (s. u.). Es sind also bei 50° C circa 40% (oder noch weniger) und bei 60° C 73% der gesamten Antagonisten (oder weniger) vernichtet. Handelt es sich nun um eine einheitliche Gruppe von Antagonisten, dann ist nicht einzusehen, warum die überlebenden 27 bzw. 60% nicht den im unbehandelten Boden vorhandenen Hemmungszustand von sich aus, d. h. ohne Reinfektion wiederherstellen können. Wird die Zahl der im erhitzten Boden vorhandenen Antagonisten nämlich durch Zugabe von 5% unbehandelter Erde um noch nicht 5% der zu Beginn des Versuchs vorhandenen infektionshemmenden Mikroben erhöht, also von 27 auf rund 32% oder von 60 auf 65%, so erfolgt sofort eine Rückbildung des früheren Hemmungszustandes. Mengenmäßig treten die in den 5% unbehandelten Bodens vorhandenen Antagonisten gegenüber den im erhitzten Boden verbliebenen 27 bzw. 60% völlig zurück. Die Reinfektionswirkung läßt sich also nur unter der Annahme erklären, daß die in den 5% unbehandelten Bodens vorhandenen Antagonisten sich qualitativ von den die Erhitzung überlebenden hemmenden Mikroben unterscheiden. Es müssen sich also mehrere Arten von Antagonisten mit unterschiedlicher Hitzeresistenz im Boden befinden. Der im natürlichen Boden beobachtete Hemmungszustand ist als die Summe der antagonistischen Wirkungen mehrerer Mikrobenarten aufzufassen. Wir kommen somit zu dem Schluß, daß die mit steigender Temperatur zu beobachtende Abnahme des Hemmungszustandes im Boden mit einer stufenweisen Zerstörung unterschiedlich hitzeresistenter Antagonisten parallel geht.

Zu 3) Wie die Tabelle VI zeigt, geht die reinfizierende Kraft eines Bodens, d. h. sein Vermögen, nach Zugabe zu einem höher erhitzten Boden dessen Hemmungszustand wieder herzustellen, der in ihm selbst eintretenden Infektionshemmung parallel. Wie die Tabelle VII beweist (vgl. auch Abb. 2), steigt die reinfizierende Kraft andererseits mit der Bodenmenge, die bei der Reinfektion zugemischt wird, also mit der Zahl der in ihr enthaltenen Antagonisten.

Mit Rücksicht auf die Korrelationen zwischen der Reinfektionskraft eines Bodens einerseits, der in ihm erfolgenden Infektionshemmung bzw. der in ihm enthaltenen Antagonisten andererseits kann man schließen, daß die Abnahme der Infektionshemmung in dem erhitzten Lößlehm mit der Zahl der vernichteten Antagonisten zusammenhängt. Ein großer Spielraum für unmittelbare Entgiftung der Hemmungsstoffe durch Temperaturwirkung bleibt hiernach scheinbar

Tabelle 7

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einem auf 98° C erhitzten Lößlehm nach Reinfektion mit verschiedenen Mengen desselben unbehandelten Bodens

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: bei 98° C 2 Stunden partiell sterilisierter Lößlehm. Temperatur: 20° C.

Reinfiziert mit	0,0 %	0,2 %	1 %	2 %	5 %	Kontrolle unbehandelter Boden
Wachstum der Laufhyphen in mm .	46,4	44,2	30,5	28,7	28,7	24,8
Anzahl der untersuchten Wurzeln . .	23	34	42	48	36	63

nicht übrig. Dennoch ist es möglich und wahrscheinlich, daß bei der Vielzahl verschieden hitzeempfindlicher Antagonisten und sicherlich ebenso unterschiedlich temperaturresistenter Toxine eine Zerstörung von Hemmungsstoffen durch Hitze stattfindet. Es ist ja nicht erforderlich, daß der Hemmungsstoff gleichzeitig mit dem Antagonisten, dem er seine Entstehung verdankt, abgetötet wird. An seine Stelle kann ein von einem anderen Organismus erzeugtes Toxin treten. Wenn der mit steigender Temperatur zunehmenden Abtötung der Antagonisten nur eine zunehmende Zerstörung beliebiger, verschieden thermolabiler Hemmungsstoffe parallel geht, so bleibt auch dann die Korrelation zwischen Reinfektionskraft, Infektionshemmung und Gehalt des Bodens an Antagonisten bestehen.

Wieweit also die Zerstörung der Toxine primär auf chemischem oder sekundär auf biotischem Wege erfolgt, läßt sich auf Grund dieser Untersuchungen nicht entscheiden (vgl. S. 252).

Mit der Annahme einer mit der Temperatur zunehmenden Zerstörung der Antagonisten steht nun aber der über 70° C erfolgende Abfall der Infektionsstärke zunächst in Widerspruch (vgl. Abb. 3). Auch oberhalb 70° C müssen zumindest die gleichen Antagonisten oder Hemmungsstoffe fehlen wie bei 70° C. Wahrscheinlich ist sogar, daß oberhalb 70° C noch weitere antagonistische Mikroben ausfallen. Somit wäre ein weiterer Anstieg der Kurve zu erwarten. Der unerwartete Abfall der Infektionsstärke oberhalb 70° C könnte zweierlei Ursachen haben:

1. Bis 70° C fallen, wie oben erläutert, allmählich immer neue antagonistische Gruppen aus. Durch Störung des Gleichgewichtes der Mikroben und chemische Veränderungen des Bodens kommen andere, weniger hitzeempfindliche Mikroben, darunter auch bisher infolge ungünstiger Lebensbedingungen zahlenmäßig schwache Antagonisten zur Übervermehrung. Sie verursachen eine erneute Abnahme der Infektionsstärke. — Doch zeigt ein einfacher Versuch, daß diese Annahme nicht stichhaltig ist. Führt man nämlich statt einer partiellen Sterilisation

durch Erhitzen des Lößlehms auf 134° C (45 Minuten) eine völlige Sterilisation des Bodens durch dreimaliges Erhitzen auf 134° C (15 Minuten) an drei aufeinanderfolgenden Tagen durch und arbeitet auch weiterhin unter sterilen Bedingungen mit keimfreier Saat, so ist der diskutierte biologische Faktor völlig ausgeschaltet. Nach 14 tägiger Versuchsdauer wurden die in der Tabelle 8 zusammengefaßten Werte der Laufhyphen erhalten (Tab. 8).

Tabelle 8

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einem durch ³/₄-stündiges Erhitzen auf 134° C partiell und total sterilisierten Lößlehm

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

	Kontrolle	45 Minuten auf 134° C erhitzt, nicht steril	3 mal 15 Minuten auf 134° C erhitzt, sterile Bedingungen
Länge der verpilzten Wurzelzonen in mm	26,9	25,8	27,3
Anzahl der untersuchten Wurzeln .	88	95	103

Im sterilen und im partiell sterilisierten Boden ist nach 45 Minuten dauernder Erhitzung auf 134° C das Wachstum des Pilzes also gleich gering. Eine Übervermehrung im natürlichen Boden infolge ihrer geringen Zahl wirkungsloser Antagonisten kann somit für das Absinken der Laufhyphenentwicklung oberhalb 70° C nicht verantwortlich sein.

2. Es erfolgen mit steigender Temperatur in zunehmendem Maße chemische Umsetzungen im Boden, die auf rein chemischem Wege zur Bildung von Hemmungsstoffen führen.

Der soeben angeführte Versuch in sterilem, auf 134° C erhitztem Boden erweist in der Tat, daß solche mit der Veränderung der Mikroflora in keinem Zusammenhang stehenden Veränderungen erfolgt sein müssen. Ob diese Umsetzungen bereits unterhalb 70° C einsetzen und nur durch die gleichzeitige, entgegengesetzt wirkende Zerstörung der Antagonisten maskiert werden, läßt sich nicht entscheiden. Umgekehrt kann man auch nicht beurteilen, ob oberhalb 70° C eine Zerstörung weiterer antagonistischer Mikroben erfolgt, deren Ausmerzung durch die gleichzeitige, aber entgegengesetzt wirkende chemische Toxinbildung verschleiert wird. Jedoch macht die Tatsache, daß bei 70° C eine nach unseren Erfahrungen relativ sehr gute Entwicklung der Laufhyphen einsetzt, es wahrscheinlich, daß der Hauptanteil der antagonistischen Mikroben durch Erhitzung auf 70° C zerstört wird. Die nach partieller Sterilisation von Lößlehm bei verschiedenen Temperaturen zwischen 50 und

134° C für die Laufhyphenentwicklung von *Ophiobolus graminis* zu beobachtende Optimumkurve ist also die Resultante aus zwei gegenläufigen Prozessen, und zwar

1. einer mit steigender Temperatur zunehmenden Zerstörung antagonistischer Mikroben und

2. einer infolge chemischer Umsetzungen erfolgenden Anreicherung toxischer Stoffe.

Die Bildung toxischer Verbindungen bei Erhitzung natürlicher Böden ist bereits von Pickering (1908 a, b; 1910 a, b) berichtet und eingehend untersucht worden. Bei Erhitzung verschiedenartiger Böden entstehen nach seinen Beobachtungen Substanzen, welche die Keimung verschiedener Saaten hemmen. Auch nicht erhitzte Böden enthalten ein wenig von diesen Stoffen. Ihre Neubildung ist bei 60° C bereits recht deutlich. Die Konzentration der keimungshemmenden Stoffe nimmt bis zu 200° C, also einer Temperatur, die eine völlige Entkeimung bewirkt, zu. Daraus zieht Pickering den berechtigten Schluß, daß es sich nicht um biologische Veränderungen im Boden handelt. Da die Stärke der Keimungshemmung der Zunahme der löslichen organischen und N-haltigen Substanz parallel geht, scheint es sich um eine organische Stickstoffverbindung zu handeln. Wie Pickering zeigen konnte, wird dieses Toxin leicht oxydiert.

Nun werden aber nicht nur die Keimung, sondern auch das weitere Wachstum einiger Pflanzen (Tomate, Spinat, Tabak, Klee, nicht aber Gramineen) durch dieses Toxin gehemmt. Die Entwicklung der Pflanzen wird also einerseits durch den Aufschluß von Nährsalzen und die gesteigerte Aktivität der Bakterien mit steigender Erhitzungstemperatur begünstigt, andererseits durch die bei erhöhter Temperatur viel stärkere Toxinbildung gehemmt. Bei niedriger Temperatur überwiegen die fördernden, bei höherer Temperatur die toxischen Umsetzungen im Boden. Auf diese Weise entsteht für die Entwicklung höherer Pflanzen bei partieller Sterilisation durch verschiedene Temperaturen eine analoge Optimumkurve, wie sie auch für das Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Erhitzung des Bodens auf verschiedene Temperaturen zu beobachten ist. Nur wird der ansteigende Ast der Kurve in dem einen Fall durch Nährstoffaufschließung, bei *Ophiobolus graminis* jedoch durch Abtötung antagonistischer Mikroben hervorgerufen. Auch nach Lyon und Bizell (1910, 1913), Schreiner und Lathrop (1912), Schreiner und Reed (1907 a, b), Dietrich (1901) und Schulze (1907) kann die günstige Wirkung der Nährstoffaufschließung bei Erhitzung des Bodens durch gleichzeitige Bildung toxischer Stoffe herabgesetzt oder überdeckt werden. Eingehende chemische Untersuchungen von Schreiner und Lathrop haben gezeigt, daß bei Erhitzung auf 134° C, also die gleiche Temperatur, die wir als Maximal-

temperatur verwendeten, einerseits wachstumsfördernde Substanzen wie Guanin, Arginin, Xanthin, Hypoxanthin und Cytosin, andererseits toxische Stoffe wie Dihydroxystearinsäure u. a. entstehen.

Auch der Verlauf des Laufhyphenwachstums in den verschieden erhitzten, aber mit 5% unbehandelter Erde geimpften Böden ist nach diesen Darlegungen durchaus verständlich (vgl. Abb. 3). Die durch Reinfektion mit 5% unbehandelten Bodens zugeführte Menge der verschiedenen Antagonisten genügt nicht, um bis zum Beginn des Versuchs (2 Tage nach der Impfung) die ursprüngliche Zahl der Antagonisten und den im unbehandelten Boden vorhandenen Toxingehalt zu erreichen. Es fehlt trotz der Reinfektion jeder antagonistischen Gruppe mehr oder weniger an der im natürlichen Boden auftretenden Zahl und Toxinwirkung. Diese Unterbilanz an Hemmungswirkung gegenüber dem unbehandelten Lößlehm wird um so deutlicher, je größer mit steigender Temperatur die Zahl der abgetöteten und daher sich nur nach Reinfektion im erhitzten Boden neu entwickelnden Antagonistengruppen ist. Der reinfizierte Boden nimmt daher bis 70° C mit steigender Temperatur an Hemmungswirkung ab. Über 70° C beginnt dagegen die chemische Bildung neuer Toxine, deren Wirkung sich nach Reinfektion zum hemmenden Einfluß der Antagonisten addiert. Daher sinkt die Entwicklung der Laufhyphen oberhalb 70° C mit steigender Temperatur, d. h. zunehmender Bildung von Hitzetoxinen ab und unterschreitet sogar die im unbehandelten Boden auftretenden Werte. Diese summative Wirkung der Reinfektion und des hemmenden Einflusses einer Erhitzung über 70° C wäre schwer verständlich, wenn wir das Absinken der Infektion nach Erhitzung über 70° C auf biologische Weise durch bessere Entwicklung antagonistischer Organismen erklären wollten (s. o.), die sich im natürlichen und niedriger erhitzten Boden infolge der Konkurrenz der übrigen Mikroben nur schwach entwikkeln. Dann dürfte bei Reinfektion die Wirkung dieser Antagonisten nicht additiv in Erscheinung treten, da sie ja infolge der sofort nach der partiellen Sterilisation erfolgenden Reinfektion garnicht zur Entwicklung kommen könnten.

Wie die Tabelle 9 und die Abb. 3 beweisen, erhalten wir nicht nur bei zweistündiger Erhitzung auf 60°, 70° und 80° C, sondern auch bei kürzerer (1 Stunde) oder längerer Dauer (3 Stunden; 4 Stunden) der partiellen Sterilisation bei den genannten Temperaturen eine Optimumkurve, die stets bei 70° C kulminiert. Beobachten wir nun nicht die Reaktion der Laufhyphen auf partielle Sterilisation bestimmter Einwirkungsdauer, aber verschiedener Temperatur, sondern die Wirkung verschiedener Erhitzungsdauer bei bestimmter Temperatur, d. h. unter-

Tabelle 9

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach 1-, 2-, 3- und 4-stündiger Erhitzung von Lößlehm auf 60°, 70° und 80° C.

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

Erhitzungsdauer	Wachstum der Laufhyphen in mm				Anzahl der untersuchten Wurzeln			
	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden
60° C	41,8	46,6	46,2	48,2	68	49	51	46
70° C	52,9	54,7	57,3	54,6	33	39	42	45
80° C	49,6	48,5	46,8	46,0	30	43	45	46

Kontrolle (unbehandelter Boden) = 24,8 mm.

suchen wir die Laufhyphenentwicklung als Funktion der Erhitzungsdauer, so ergibt sich folgendes Bild: Wie die Tabelle 9 und die Abbildung 4 zum Ausdruck bringen, steigt das Wachstum der Laufhyphen bei 60° C bis zu vierstündiger, bei 70° C aber nur bis zu zweistündiger Wirkungsdauer der Temperatur an, um dann bei weiterer Temperaturwirkung wieder abzusinken. Bei 80° C ist schließlich bereits nach einstündiger Erhitzung das Optimum der Laufhyphenentwicklung zu verzeichnen. Auch diese Verschiebung der optimalen Erhitzungsdauer mit steigender Temperatur läßt sich unter der Annahme erklären, daß es sich um zwei nebeneinander verlaufende entgegengesetzt wirkende Prozesse handelt, die den Effekt der Erhitzung auf die Laufhyphen bestimmen. Die eine Reaktion ist die Abtötung antagonistischer Mikroben, die andere die chemische Bildung neuer Hemmungsstoffe. Dabei ist zu berücksichtigen, daß nicht nur die Bildung der Toxine, sondern auch die Abtötung der Mikroben nach den Gesetzen und der Art chemischer Reaktionen erfolgt, d. h. die Reaktionsgeschwindigkeit steigt mit der Temperatur, ihr Temperaturkoeffizient (Q_{10}) ist größer als 1 (er liegt nach Sattler je nach der Bakterienart, dem Alter der Kultur und dem Nährmedium zwischen 1,203 und 5,441). Ferner ist zu bedenken, daß die Anzahl der in der Zeiteinheit abgetöteten Bakterien zu Beginn der Hitzewirkung hoch ist, mit dem Vorschreiten der Reaktion jedoch abnimmt (vgl. hierzu Sattler 1929, Lembke 1937). Bei 60° C beobachten wir nun mit steigender Dauer der Erhitzung infolge zunehmender Abtötung der Antagonisten eine stetige Abnahme des Hemmungszustandes. Die chemische Neubildung von Hemmungsstoffen hat noch nicht eingesetzt oder ist so schwach, daß sie die zunehmende Zerstörung der Antagonisten nicht völlig maskieren kann. Bei 70° C muß die Abtötung der bereits bei niederen Temperaturen unbeständigen Antagonisten viel rascher als bei 60° C erfolgen. Doch sind einige neue

erst oberhalb 60° C thermolabile Antagonisten hinzugekommen. Ihre zusätzliche Abtötung wird die Reaktionsbeschleunigung durch die Temperaturerhöhung etwas größer erscheinen lassen, als sie tatsächlich ist. Auch werden sie den zeitlichen Verlauf der Reaktion infolge ihrer größeren Resistenz mehr oder weniger beeinflussen. Die Abtötung der meisten Antagonisten ist infolge des rascheren Ablaufs der Reaktion bei 70° C verhältnismäßig rasch vollzogen, wie die gute Laufhyphenentwicklung nach ein- und zweistündiger Hitzewirkung beweist. Die chemische Toxinbildung verläuft bei 70° C gleichfalls rascher als bei 60° C. Doch ist sie noch so langsam, daß sie auch nach drei- und vierstündiger Hitzewirkung fast unvermindert anhält, da die Konzentration der reagierenden Stoffe nur langsam abnimmt. Zunächst erfolgt also unter rascher Abtötung der Antagonisten ein Anstieg der Laufhyphenentwicklung auf 52,9, 54,7 bzw. 57,3 mm. Die Bildung neuer Toxine wird von dieser viel schneller verlaufenden Reaktion zunächst verschleiert. Wenn jedoch die Abtötung der Antagonisten sich ihrem Ende nähert, die Anzahl der pro Zeiteinheit abgetöteten Individuen also sehr klein wird, setzt sich die zunächst maskierte, im Anfang langsamere, aber dafür stetigere Toxinbildung durch, so daß der Hemmungszustand nach mehr als dreistündiger Erhitzung zu- und damit die Laufhyphengeschwindigkeit abnimmt. Bei 80° C endlich verläuft die Abtötung der Antagonisten noch rascher, aber auch die Bildung der Hitzetoxine erfolgt schneller, so daß bereits nach mehr als einstündiger Temperaturwirkung eine Zunahme des Hemmungszustandes resultiert. Die beste Entwicklung der Laufhyphen wird zu einem Zeitpunkt nach Erhitzungsbeginn eintreten, in dem die durch Zerstörung der Antagonisten erzielte Gesamtabnahme des Hemmungszustandes

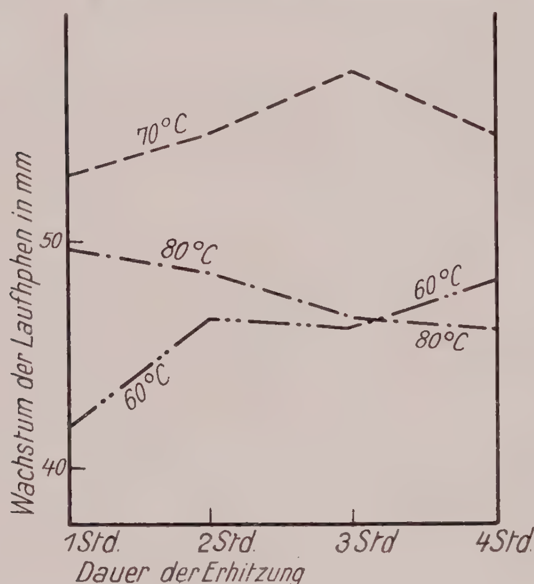


Abb. 4
Der Einfluß 1-, 2-, 3- und 4-stündiger Erhitzung von Lößlehm auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* (vgl. Tabelle 9)
—..—..— erhitzt auf 60° C
— — — — erhitzt auf 70° C
— . — . — erhitzt auf 80° C.

die gegenläufige Wirkung der „Hitzetoxinbildung" am stärksten übertrifft. Das ist offenbar dann der Fall, wenn die Zahl der abgetöteten Antagonisten pro Zeiteinheit mit dem Vorschreiten der Reaktion so weit abgesunken ist, daß beide Reaktionen, deren Verlauf an der Zu- oder Abnahme der Infektionshemmung in der Zeiteinheit gemessen wird, sich momentan die Waage halten, d. h. im Schnittpunkt der beiden Reaktionskurven. Bis zu diesem Augenblick überwiegt nämlich der entwicklungsfördernde Einfluß der Antagonistenzerstörung, danach gewinnt jedoch die chemische Neubildung von Hemmungsstoffen die Oberhand. Bei 80° C verläuft die Vernichtung der meisten bereits gegen tiefere Temperaturen empfindlichen Antagonisten sehr rasch. Die Geschwindigkeit dieser Reaktion ist daher in kurzer Zeit so weit abgesunken, daß beide Prozesse sich nach sehr geringer Dauer der Temperaturerhöhung (wahrscheinlich weniger als eine Stunde) die Waage halten, d. h., daß das Infektionsoptimum nach kurzer Erhitzung erreicht wird. Selbstverständlich ist damit zu rechnen, daß auch die infolge der Erhitzung entstehenden Toxine nicht einheitlicher Natur sind und mehrere bei verschiedener Temperatur einsetzende Reaktionen nebeneinanderlaufen.

Die partielle Sterilisation des Lößlehms durch erhöhte Temperatur bewirkt also einmal eine stufenweise Abtötung gegenüber *Ophiobolus graminis* antagonistischer, unterschiedlich hitzeresistenter Mikroben und bei höheren Temperaturen eine Neubildung von Hemmungsstoffen durch chemische Umsetzungen. Das Verhältnis der Reaktionsgeschwindigkeiten beider Prozesse bestimmt die bei der jeweiligen Versuchstemperatur und Erhitzungsdauer eintretende Abnahme des Hemmungszustandes.

2. Die partielle Sterilisation durch Antiseptika.

Bei der partiellen Sterilisation durch flüchtige Chemikalien mußte vor allem Bedacht darauf genommen werden, daß die Antiseptika wieder vollständig aus dem Boden entfernt wurden, um auf diese Weise eine Stimulationswirkung auszuschließen. Damit ergab sich aber die Notwendigkeit, den Boden nach der Behandlung mehrere Tage in dünner Schicht zum Trocknen auszubreiten. Da wir insbesondere durch die Untersuchungen von Waksman und Starkey (1923 a) wissen, daß Trocknen und erneutes Anfeuchten des Bodens eine der partiellen Sterilisation völlig gleiche Wirkung, nämlich eine rapide Zunahme der CO_2-Produktion und der Keimzahlen verursacht, war zunächst zu prüfen, ob nicht schon allein durch diese Manipulation erhebliche Veränderungen in der Laufhyphenentwicklung ausgelöst werden. Das Wachstum der

Laufhyphen wurde daher in einem unbehandelten und einem gleichfalls unbehandelten, aber — wie die mit Chemikalien behandelten Böden — 7 Tage in dünner Schicht unter mehrfachem Umwenden bei Zimmertemperatur getrockneten und wieder auf die ursprüngliche Bodenfeuchtigkeit gebrachten Lößlehm untersucht. Die Entwicklung der Laufhyphen war in beiden Böden nach 14 tägiger Versuchsdauer bei einer konstanten Temperatur von 20° C, wie die Tabelle 10 zeigt, die gleiche.

Tabelle 10

	Unbehandelter Boden	Unbehandelter Boden, getrocknet und wieder angefeuchtet
Wachstum der Laufhyphen in mm . .	24,78	23,32
Anzahl der untersuchten Wurzeln . .	63	54

Die Trocknung ist also für die Entwicklung der Laufhyphen bedeutungslos. Wenn wir berücksichtigen, daß in den Versuchen von Waksman und Starkey (1923 b) durch das Trocknen des Bodens die Keimzahlen in gleicher Weise wie bei jeder Art der partiellen Sterilisation erhöht werden, so überrascht diese Tatsache. Doch muß berücksichtigt werden, daß die „stimulierende" Wirkung der partiellen Sterilisation nach unseren heutigen Kenntnissen auf gänzlich verschiedenen Ursachen beruhen kann. In den Untersuchungen von Waksman und Starkey werden die Keimzahlen allem Anschein nach durch Nährstoffmangel begrenzt. Die Entwicklung der Laufhyphen im natürlichen Boden wird dagegen durch die Wirkung antagonistischer Bakterien bestimmt. In dem einen Fall wirkt die partielle Sterilisation also durch Aufschließung von Nährstoffen, im zweiten Fall dagegen durch Abtötung antagonistischer Mikroben. Beim Trocknen des Bodens erfolgt nun gleichfalls eine Nährstoffaufschließung (Kelley 1915; Gustafson 1922). So wird nach Achromeiko (1928) der Gehalt der Bodenlösung an wasserlöslicher Phosphorsäure bzw. wasserlöslicher organischer Stoffe durch wiederholtes Trocknen an der Sonne um das Drei- bzw. Fünffache erhöht. Entsprechende Beobachtungen machten auch Lebedjantzev (1921, 1924, 1926) und Gedroiz. Die bessere Entwicklung der Bodenmikroben nach Trocknung des Bodens, wie sie außer von Waksman und Starkey von Rahn (1908), Ritter (1912), Fahmy Khalil (1929) und anderen Forschern beobachtet wurde, kann daher nicht überraschen. Dagegen scheinen die Bodenmikroben, insbesondere die Pilze und Actinomyceten (vgl. Waksman 1932, S. 719) durch das Austrocknen des Bodens weniger geschädigt zu werden als durch die bei der partiellen Sterilisation angewandten üblichen Hitzegrade und Chemikalien. Auch

eine Beobachtung von Waksman und Starkey (1923 b) spricht dafür, daß die bei der Austrocknung des Bodens erfolgenden Eingriffe in den Bestand der Mikroorganismen nicht so tiefgreifend sind wie bei Erhitzung oder Behandlung des Bodens mit Toluol. In den mit Toluol oder Hitze behandelten Erden differieren die Keimzahlen in den ersten Wochen nach der partiellen Sterilisation in reinfizierten und nicht geimpften Böden sehr stark; die Reinfektion erhöht die Zahl der Pilze und Bakterien ganz auffällig. In den getrockneten und wieder angefeuchteten Böden ist die Reinfektion dagegen wirkungslos. Die Keimzahlen werden durch sie nicht beeinflußt. Es scheint also, daß zwischen der Mikroflora getrockneten und unbehandelten Bodens keine oder nicht so tiefgreifende Unterschiede bestehen, wie zwischen den Mikrobenarten toluolbehandelter und natürlicher Erde. Da die Wirkung der partiellen Sterilisation auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* auf Abtötung antagonistischer Mikroben beruht, kann das Ausbleiben einer Reaktion der Laufhyphen auf das Trocknen des Bodens nicht überraschen.

Die Behandlung des Bodens mit Chemikalien wurde folgendermaßen durchgeführt: 3 kg des Lößlehms gleichmäßiger Bodenfeuchtigkeit (40%) wurden in Glasgefäßen mit eingeschliffenem Deckel unter kräftigem Schütteln mit 0,2%, 1% oder 5% Schwefelkohlenstoff, Toluol, Chloroform oder Alkohol gemischt. Nach 48 stündiger Einwirkung wurden die Bodenproben auf sauberem Packpapier im warmen Raum in dünner Schicht ausgebreitet und 7 Tage lang bis zum Verschwinden jeglichen Geruchs unter häufigem Umwenden getrocknet. Sodann wurde der Boden durch Zugabe von sterilem Wasser, das sehr sorgfältig mit dem Boden vermischt wurde, wieder auf die ursprüngliche Bodenfeuchtigkeit und feinkrümelige Struktur gebracht und in die zur Untersuchung dienenden Batteriegefäße abgefüllt. Die Reinfektion erfolgte in üblicher Weise durch Beimischung von 5% unbehandelten Bodens, der möglichst gleichmäßig verteilt wurde. Nach 14 tägiger Versuchsdauer bei konstanter Temperatur von 20° C wurden Werte für die Entwicklung der Laufhyphen erhalten, wie sie in der Tabelle 11 zusammengefaßt sind.

Partielle Sterilisation durch Schwefelkohlenstoff, Toluol, Alkohol und Chloroform begünstigt also gleichfalls die Entwicklung der Laufhyphen. Die Wirkung von Schwefelkohlenstoff ist dabei um so stärker, je größer die angewandte Menge ist. Reinfektion mit unbehandeltem Boden stellt den ursprünglichen Hemmungszustand weitgehend wieder her. Nun ist aber die Wirkung der Reinfektion mit 5% unbehandelten Lößlehms eine reine Impfwirkung, d. h. sie wirkt durch die sich nach der Reinfektion erneut in dem partiell sterilisierten Boden entwickelnden antagonistischen Mikroben, nicht aber durch ihren Gehalt an Hemmungsstoffen. Beeinflussungen des Nährstoffgehaltes oder der CO_2-Konzentration der Boden-

Tabelle 11

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation von Lößlehm mit Schwefelkohlenstoff, Toluol, Alkohol und Chloroform sowie nach Reinfektion des so behandelten Bodens mit 5% unbehandelter Erde

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

Behandlung	Wachstum der Laufhyphen in mm		Anzahl der untersuchten Wurzeln	
	nicht reinfiziert	reinfiziert 5%	nicht reinfiziert	reinfiziert 5%
0,2% CS_2	36,2	38,0	12	55
1,0% CS_2	48,0	31,3	56	72
5,0% CS_2	51,4	27,4	42	69
0,2% Toluol	35,3	27,8	68	24
1,0% Toluol	37,8	27,5	66	21
5,0% Toluol	34,8	29,6	47	33
5,0% Alkohol	52,5	33,9	31	52
5,0% $CHCl_3$	55,8	32,5	12	63
Unbehandelt	24,8	—	63	—

luft scheiden für die Erklärung der Reinfektionswirkung gleichfalls aus. Ferner beweist der Reinfektionsversuch, daß die Wirkung partieller Sterilisation bei Verwendung von Chemikalien nicht auf Stimulation der Laufhyphen durch geringe, trotz aller Vorsorge für eine vollständige Verdunstung im Boden verbliebene Mengen der Antiseptica beruht. Es ist daher der Schluß gerechtfertigt, daß auch die Behandlung des Bodens mit Schwefelkohlenstoff, Toluol, Alkohol oder Chloroform Mikroben zerstört, die gegenüber *Ophiobolus graminis* antagonistische Eigenschaften besitzen, und so die infektionshemmende Wirkung des Bodens beseitigt. Die Reinfektion gibt den Antagonisten Gelegenheit zu neuer Entwicklung.

Saat und Impfung folgten unmittelbar auf die Reinfektion. Daher ist verständlich, daß der ursprüngliche Hemmungszustand des unbehandelten Bodens zumindest in den ersten Tagen des Versuchs in den reinfizierten Böden nicht vorhanden sein kann und die Werte für das Wachstum der Laufhyphen nach 14 Tagen etwas höher als in der Kontrolle liegen. Es kann daher auch nicht überraschen, daß die Stärke der Reinfektionswirkung innerhalb gewisser Grenzen mit der Menge der zugemischten unbehandelten Erde ansteigt, wie es die Tabelle 12 zum Ausdruck bringt (vgl. auch Abb. 2).

Da die Reinfektion mit 5% unbehandelten Bodens nahezu den alten Hemmungszustand wieder herstellt, wird diese Proportionalität bei Anwendung stärkerer Reinfektionsdosen fehlen.

Tabelle 12

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einem mit 5% Schwefelkohlenstoff partiell sterilisierten Lößlehm nach Reinfektion mit verschiedenen Mengen desselben unbehandelten Bodens

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: mit 5% Schwefelkohlenstoff partiell sterilisierter Lößlehm. Temperatur: 20° C.

	Reinfiziert mit					Kontrolle, unbehandelter Boden
	0,0 %	0,2 %	1,0 %	2 %	5 %	
Wachstum der Laufhyphen in mm	51,0	45,0	41,9	35,1	27,4	24,8
Anzahl der untersuchten Wurzeln	42	43	43	26	69	63

Wie außerordentlich ähnlich die Reinfektionswirkung in dem mit 5% Schwefelkohlenstoff behandelten und dem auf 98° C erhitzten Lößlehm ist, bringt die Abbildung 2 zum Ausdruck, in der die Ergebnisse der Tabellen 4, 7 und 12 zur graphischen Darstellung gebracht sind. Die Abbildung veranschaulicht auch nochmals, daß die Beimischung geringer Mengen unbehandelten Lößlehms in dem durch Hitze oder Schwefelkohlenstoff partiell sterilisierten Lößboden ganz anders wirkt als im Quarzsand. Die Entwicklung der Laufhyphen wird in dem Sand durch die Lößlehmbeimischung kaum verändert. Zwar liegen die Werte für die Entwicklung des Pilzes durchweg etwas niedriger als im reinen Sand, doch nimmt der Quarzsand durch „Impfung" mit 5% unbehandelten Lößlehms auch nicht entfernt die infektionshemmenden Eigenschaften dieses Bodens an. Das Wachstum der Laufhyphen bleibt vielmehr um 40 mm, also um fast 200% besser als im natürlichen Lößboden. Die infektionshemmenden Eigenschaften des partiell sterilisierten Lößlehms werden dagegen durch Steigerung der Reinfektionsgaben ständig erhöht, bis nach Zugabe von 2 bzw. 5% unbehandelter Erde der partiell sterilisierte Boden annähernd die Hemmungskraft des „Impfbodens" zeigt. Im ersteren Fall wirkt augenscheinlich nur die Beimischung irgendwelcher Hemmungsstoffe, während bei der Reinfektion des partiell sterilisierten Bodens die Zufuhr antagonistischer Mikroben, also die Impfung das entscheidende Moment ist.

Bereits oben (vgl. S. 242) wurde erörtert, ob neben der Abtötung der Antagonisten gleichzeitig eine Zerstörung der von ihnen gebildeten Toxine durch die erhöhte Temperatur eintritt, oder ob sekundär durch biotischen oder chemischen Abbau der — infolge Vernichtung der Antagonisten nicht neu gebildeten — Hemmungsstoffe eine rasche Entgiftung des Bodens erfolgt. Nun muß auch bei der Behandlung des Bodens mit Chemikalien der Abtötung der Antagonisten auf irgendeine Weise die Zerstörung der

Toxine folgen, da anderenfalls die Laufhyphen sich trotz der Abtötung der Antagonisten nicht besser entwickeln könnten. Wollte man also einen sekundären biotischen oder chemischen Abbau ablehnen, so müßte man annehmen, daß nicht nur durch Hitze, was an sich verständlich wäre, sondern in ähnlicher Weise auch durch Schwefelkohlenstoff, Toluol, Alkohol und Chloroform nicht nur die Antagonisten, sondern auch die durch sie gebildeten Hemmungsstoffe zerstört würden. Es scheint daher der sekundäre Abbau ein wesentliches, wenn nicht das entscheidende Moment für die Entgiftung des Bodens nach Abtötung der Antagonisten zu sein.

3. Die aufeinanderfolgende partielle Sterilisation von Lößlehm mit erhöhter Temperatur und Schwefelkohlenstoff.

Die Reinfektionswirkung zeigt uns, daß die Wirkung von Schwefelkohlenstoff und anderen Chemikalien einerseits und Hitze andererseits im wesentlichen auf der gleichen Ursache, nämlich der Abtötung antagonistischer Mikroben beruhen muß. Hier interessiert aber weiterhin die Frage, ob durch Erhitzung und Behandlung mit Schwefelkohlenstoff bzw. anderen Chemikalien die gleichen antagonistischen Gruppen ausgemerzt werden. Nun hängt die Zahl der abgetöteten Antagonisten in quantitativer wie in qualitativer Hinsicht von der Art und Konzentration des Antiseptikums oder der Temperatur ab. Die Frage muß also dahin präzisiert werden, ob sich die Wirkung einer bestimmten Konzentration eines Antiseptikums annähernd der Wirkung einer Erhitzung auf bestimmte Temperatur gleichsetzen läßt.

Zunächst ist auffallend, daß 5% Alkohol, 5% Schwefelkohlenstoff und die gleiche Konzentration Chloroform sowie die hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Laufhyphenentwicklung optimale Temperatur von 70° C annähernd das gleiche Ausbreitungsvermögen der Laufhyphen auslösen. Die Infektion schreitet um 51,4 (5% CS_2), 52,5 (5% Alkohol), 54,7 (70° C 2 Std.) und 55,8 mm(5% $CH\ Cl_3$) vor. Sämtliche Versuche liefen gleichzeitig und unter völlig gleichen Bedingungen, d. h. bei gleicher Temperatur, gleicher Bodenfeuchtigkeit, gleicher Bodenstruktur, gleicher Versuchsdauer und Anwendung desselben Stammes von *Ophiobolus graminis*. Man könnte also leicht zu dem Schluß kommen, daß die so verschiedenen Verfahren der partiellen Sterilisation die gleiche Wirkung im Boden ausüben. Ohne Zweifel ist ihr Einfluß im Endeffekt der gleiche. Dennoch

könnte er seiner inneren Struktur, d. h. seiner Entstehung und Zusammensetzung nach völlig ungleichwertig sein. Wie bereits früher betont, können wir nämlich infolge der Interferenz chemischer Toxinbildung nicht entscheiden, ob oberhalb 70° C weitere Gruppen von Antagonisten abgetötet werden. Es wäre daher möglich, daß eine Ausschaltung sämtlicher Antagonisten, falls sie ohne Neubildung von Hemmungsstoffen durchgeführt werden könnte, das Wachstum der Laufhyphen unter sonst gleichen Bedingungen auf 80 oder 90 mm oder noch höher ansteigen ließe. Dann ist aber nicht zu entscheiden, ob verschiedene Arten der partiellen Sterilisation, die den gleichen Nennwert (zwischen 50 und 55 mm) für die Laufhyphenentwicklung ergeben, der Entstehung ihrer Wirkung nach gleichwertig sind. Denn angenommen, wir hätten 10 antagonistische Mikrobenarten im Boden, deren gesamte Zerstörung den Wert 90 mm für die Laufhyphenentwicklung ergeben würde, dann könnte der Wert 50 mm durch Zerstörung ganz verschiedener Gruppen von Antagonisten erreicht werden. In dem einen Fall würden zum Beispiel die Gruppen A, B, C, F, im anderen aber D, G, H, A, C, K, abgetötet. Die Wirkung wäre dann also quantitativ, nicht aber qualitativ die gleiche. Wäre dagegen der Wert bei Zerstörung aller Antagonisten 50 mm, so könnten wir alle Arten der partiellen Sterilisation, die diese Laufhyphenentwicklung auslösen, ohne weiteres gleichsetzen.

Es muß jedoch möglich sein, hier auf experimentellem Wege eine Lösung anzubahnen. Nehmen wir an, es handelt sich bei der Wirkung von 5% Schwefelkohlenstoff und der Erhitzung auf 70° C um die Abtötung der gleichen Mikrobenarten, dann müßte kombinierte Behandlung mit beiden Mitteln zu keiner besseren Entwicklung der Laufhyphen führen als Anwendung nur einer Art der partiellen Sterilisation allein. Handelt es sich dagegen um Abtötung verschiedener oder zum Teil verschiedener Mikrobenarten, dann müßte bei aufeinanderfolgender Behandlung mit 5% Schwefelkohlenstoff und 70° C eine additive oder teilweise additive Wirkung beider Verfahren eintreten.

Um die aufgeworfene Frage in möglichst umfassender Weise zu entscheiden, wurden zwei verschiedene Wege eingeschlagen:

1. Zwei Stunden auf 50, 60, 70, 80, 90, 98 und 134° C erhitzte Böden werden hinterher in der oben angegebenen Weise mit 5% Schwefelkohlenstoff behandelt. Als Symbol für diese Behandlungsweise sei die Bezeichnung $T+CS_2$ eingeführt.

2. Zunächst in üblicher Weise mit 5% Schwefelkohlenstoff behandelter Boden wird hinterher auf 50, 60, 70, 80, 90, 98 und 134° C erhitzt (CS_2+T).

Die Versuchsergebnisse sind in der Tabelle 13 zusammengefaßt und in der Abb. 5 graphisch dargestellt.

Tabelle 13

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach aufeinanderfolgender Behandlung des Lößbodens mit verschiedenen Temperaturen und 5% Schwefelkohlenstoff. T nur erhitzt. 5% CS_2 + T = erst mit Schwefelkohlenstoff behandelt, dann erhitzt. T + 5% CS_2 = erst erhitzt, dann mit Schwefelkohlenstoff behandelt

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

Art der Behandlung	Wachstum der Laufhyphen in mm			Anzahl der untersuchten Wurzeln		
	T	5% CS_2 + T	T + 5% CS_2	T	5% CS_2 + T	T + 5% CS_2
50° C	36,1	51,1	48,6	64	46	68
60° C	46,6	54,4	44,5	49	35	75
70° C	54,7	59,2	45,1	29	44	47
80° C	48,5	56,2	28,1	34	42	34
90° C	47,8	55,9	18,6	22	43	64
100° C	46,4	53,7	22,0	23	49	74
134° C	25,2	27,3	28,9	31	44	40

Kontrolle (unbehandelter Boden) = 24,8 mm;
nur mit 5% CS_2 behandelter Boden = 51,4 mm.

Bleiben wir zunächst bei der Wirkung der Behandlung in der Reihenfolge CS_2+T. Bei einem Vergleich der nur erhitzten und mit CS_2+T behandelten Böden zeigt sich, daß die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen in den doppelt behandelten Serien stets höher ist. Besonders deutlich ist der Einfluß der zusätzlichen Schwefelkohlenstoffbehandlung bei 50° C. Zwischen 60° und 100° C ist der Effekt der CS_2+T-Behandlung der Wirkung einer Erhitzung allein nicht so überlegen wie bei 50° C, bleibt sich jedoch mit einer Erhöhung des Laufhyphenwachstums um durchschnittlich 7–8 mm gegenüber den nur erhitzten Böden annähernd gleich. Erst oberhalb 100° C verschwinden die Unterschiede zwischen der kombinierten Behandlung und den nur erhitzten Böden. Die Reinfektionswirkung zeigte eindeutig, daß sowohl die Hitze- wie die Schwefelkohlenstoffwirkung im wesentlichen in einer Zerstörung antagonistischer Mikroben bestehen. Nun wirken Schwefelkohlenstoff und Hitze zusammen stärker als ein Mittel allein. Es ist aber anzunehmen und auch experimentell erwiesen (vgl. S. 241), daß die Abtötung verschiedener antagonistischer Mikroben sich additiv verstärkt. Wenn wir hier also stets eine stärkere Wirkung der kombinierten Behandlung beobachten, so müssen die beiden Behandlungsmethoden aus der Menge der Bodenmikroben verschiedene Gruppen von Antagonisten eliminieren, sie müssen mit anderen Worten ein verschiedenes „Abtötungsspektrum" besitzen.

Die zerstörende Wirkung der jeweiligen Temperatur auf die Antagonisten läßt sich durch die Differenz zwischen der Wachstumsge-

schwindigkeit der Laufhyphen im erhitzten und unbehandelten Boden, also durch den jeweiligen Abstand der Erhitzungskurve (T-Kurve) von der Kontrollinie (vgl. in Abb. 5 die ausgezogene horizontale Linie in Höhe von 24,8 mm, d. h. des Wertes für die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen in dem unbehandelten Kontrollboden) darstellen. Die jeweilige Entfernung zwischen der Kurve der kombinierten Behandlung (CS_2+T) und der Hitzekurve (T) versinnbildlicht dann die hemmende

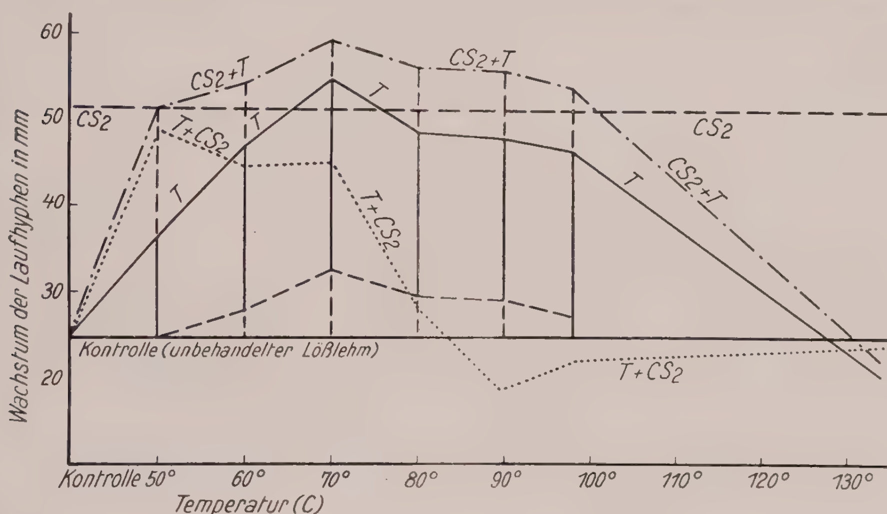


Abb. 5

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einem Lößlehm, der nacheinander mit 5 % Schwefelkohlenstoff und durch Erhitzung auf verschiedene Temperaturen partiell sterilisiert wurde (vgl. Tabelle 13). Die ausgezogene Horizontale in Höhe von 24,8 mm veranschaulicht das Wachstum der Laufhyphen im unbehandelten Boden. Die unterbrochene Horizontale in Höhe von 51,4 mm gibt das Wachstum der Laufhyphen nach Behandlung des Bodens mit 5 % Schwefelkohlenstoff an. Weitere Erklärungen im Text.

—T— Wachstum der Laufhyphen in nur erhitztem Boden

— . — . — CS_2+T Wachstum der Laufhyphen im erst mit 5 % Schwefelkohlenstoff behandelten und dann auf verschiedene Temperaturen erhitzten Boden

.... $T+CS_2$ Wachstum der Laufhyphen im erst erhitzten und dann mit 5 % Schwefelkohlenstoff behandelten Boden.

Wirkung — und mit gewissen Einschränkungen — auch die Zahl der Antagonisten, die wohl gegenüber der jeweiligen Temperatur, nicht aber gegen die Behandlung mit 5% Schwefelkohlenstoff eine hinreichende Resistenz besitzen. Diese Differenz ist in der Abb. 5 durch die unterbrochenen, senkrechten Linien zwischen der Erhitzungs- und der CS_2+T-Kurve dargestellt. Die Schwefelkohlenstoffbehandlung allein erzeugt andererseits gegenüber der Kontrolle eine Erhöhung der Laufhyphenentwicklung um 26,6 mm. Trägt man von jedem Punkt der CS_2 T-Kurve diesen Wert nach unten ab, so wird eine zu der „kombinierten

Kurve" parallele, um 26,6 mm nach unten verschobene Kurve erhalten. Ihr jeweiliger Abstand von der Kontrollinie veranschaulicht dann die Wirksamkeit der Antagonisten, die nicht von der Schwefelkohlenstoffbehandlung, wohl aber durch die jeweilige Temperatur vernichtet werden. Die senkrechte, stark ausgezogene Linie zwischen der T-Kurve und der um 26,6 mm nach unten verschobenen Kurve der kombinierten Behandlung versinnbildlicht somit den hemmenden Einfluß solcher Mikroben, die sowohl gegenüber der Schwefelkohlenstoffbehandlung wie der jeweiligen Erhitzungstemperatur eine geringe Widerstandsfähigkeit aufweisen.

Es wurde bereits oben festgestellt (vgl. S. 243 ff.), daß oberhalb 70° C und vielleicht auch schon in schwächerem Maße unterhalb dieser Temperatur die Zerstörung antagonistischer Mikroben durch Hitze infolge der thermischen Toxinbildung maskiert ist. Es wird aber bei kombinierter Behandlung nicht nur die Vernichtung gegen höhere Temperatur empfindlicher Antagonisten, sondern ebenso die Zerstörung nur gegen 5% Schwefelkohlenstoff oder gegen beide Arten der partiellen Sterilisation empfindlicher infektionshemmender Mikroben verschleiert. Als Folge der chemischen Toxinbildung bei höheren Temperaturen kulminiert daher nicht nur die T-Kurve, sondern auch die CS_2+T-Kurve bei 70° C, um bei weiterer Temperaturerhöhung abzufallen.

Es leuchtet nun ohne weiteres ein, daß bei 50° C die Zahl der nur gegen Schwefelkohlenstoff empfindlichen Antagonisten besonders groß ist, während der Anteil der nur durch Hitze zerstörbaren infektionshemmenden Mikroben mit steigender Temperatur bis 70° C zunimmt. Es wäre nun zu erwarten, daß von den nicht gegen 60° C, wohl aber gegen 5% Schwefelkohlenstoff empfindlichen Antagonisten einige auch durch Temperaturen von über 60° C abgetötet würden, d. h. daß der über die Temperaturwirkung hinausgehende Einfluß der zusätzlichen Schwefelkohlenstoffbehandlung mit steigender Temperatur allmählich abnehmen würde. Das müßte um so eher eintreten, als bereits durch die bei höherer Temperatur einsetzende Wirkung der Hitzetoxinbildung der Einfluß der Vernichtung nur gegen Schwefelkohlenstoff empfindlicher Antagonisten mit steigender Temperatur in zunehmendem Maße maskiert wird. Es muß daher überraschen, daß die zusätzliche Wirkung des Schwefelkohlenstoffs zwischen 60° C und 100° C ziemlich gleichmäßig bei 7–8 mm liegt und erst oberhalb 100° C zurückgeht. Doch sind die Differenzen zwischen der T- und der CS_2+T-Kurve verhältnismäßig gering, so daß die zu erwartende allmähliche Abnahme der zusätzlichen CS_2-Behandlung hart an der Fehlergrenze der Methode liegt.

Die kombinierte Behandlung in der Reihenfolge CS_2+T läßt also bei einem Vergleich mit der reinen Hitze- oder Schwefelkohlenstoff-

wirkung erkennen, daß der größte Teil der Antagonisten in gleicher Weise durch 5% Schwefelkohlenstoff wie Temperaturen zwischen 50° C und 100° C abgetötet wird. Nur bei 50° C ist infolge der schwachen Wirkung dieser niedrigen Temperatur der Anteil der sowohl durch Schwefelkohlenstoff wie Erwärmung zerstörbaren Antagonisten geringer als der Prozentsatz der nur gegen Schwefelkohlenstoff empfindlichen infektionshemmenden Mikroorganismen. Einige der Antagonisten werden anscheinend nur durch Hitze und andere nur durch Schwefelkohlenstoff vernichtet. Der Anteil dieser 3 Gruppen wechselt, wie nicht anders zu erwarten, nach der Höhe der angewandten Temperatur.

Bei der Beurteilung dieser Befunde darf aber nicht übersehen werden, daß bei den zwischen 50 und 60 mm liegenden Werten für die Ausbreitung der Laufhyphen eventuell bereits neben den antagonistischen Einflüssen und der thermischen Toxinbildung andere Faktoren „ins Minimum" geraten sind und daher begrenzend wirken, d. h. die volle Auswirkung der durch die kombinierte Behandlung hervorgerufenen Vernichtung antagonistischer Mikroben mehr oder minder verschleiern. Es besteht also die Möglichkeit, daß sich die partiellen Sterilisationen mit 5% Schwefelkohlenstoff bzw. verschiedenen Temperaturen hinsichtlich der von ihnen zerstörten Gruppen stärker unterscheiden, als es die gefundenen Werte vermuten lassen.

Ganz anders ist nun das Resultat der kombinierten Behandlung in der Reihenfolge $T+CS_2$. Die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen ist durchweg geringer als nach kombinierter Behandlung in der umgekehrten Aufeinanderfolge und bei alleiniger Wirkung von Wärme oder Schwefelkohlenstoff. Während die T- und die CS_2+T-Kurve bei Erhöhung der Temperatur von 50° C auf 70° C deutlich ansteigen, läßt die $T+CS_2$-Behandlung in diesem Temperaturbereich eine Verminderung der Laufhyphenentwicklung erkennen, die sich oberhalb 70° C zu einem jähen Abfall steigert. Die Wirkung der kombinierten Behandlung hängt also von der Reihenfolge ab, in der die beiden Mittel der partiellen Sterilisation, Wärme und Schwefelkohlenstoff, angewandt werden. Das darf uns aber keinesfalls überraschen. Nehmen wir an, durch das zuerst benutzte Verfahren würde der Boden (chemisch gesehen) von dem Zustand A in den Zustand A_1 übergeführt. Die nachfolgende Behandlung kann nun aber vielleicht mit dem Zustand A_1, nicht aber mit A reagieren oder umgekehrt, bzw. sie verändert A_1 in anderer Weise wie A. Die gleiche Erscheinung werden wir bei kombinierter Behandlung der Komposterde

beobachten. Auch dort zeigt eine partielle Sterilisation in der Reihenfolge CS_2+T gegenüber der Erhitzung eine erhöhte Wirkung, während die Behandlung in der Reihenfolge $T+CS_2$ das Wachstum der Laufhyphen in viel schwächerem Maße begünstigt. Wollte man diese Erscheinung durch biotische Veränderungen im Boden erklären, so müßte man die paradoxe Behauptung aufstellen, daß die Zahl der abgetöteten Antagonisten bei der Behandlung mit $T+CS_2$ geringer ist als bei der Anwendung von Hitze oder Schwefelkohlenstoff allein. Ja, die Anzahl der beseitigten Antagonisten müßte mit steigender Temperatur immer geringer werden. Oder man müßte annehmen, daß mit steigender Temperatur Boden und Edaphon so umgeformt werden, daß bisher unwirksame Antagonisten eine starke Vermehrung erfahren. Wie erwähnt, läßt sich jedoch auch bei der biologisch und chemisch völlig andersartig aufgebauten Komposterde die Behandlung in der Reihenfolge CS_2+T als additive Wirkung beider Mittel erklären, während die partielle Sterilisation mit $T+CS_2$ eine ähnliche überraschende Wirkung zeigt. Ich neige daher zu der Ansicht, daß es sich hier nicht um biotische, sondern chemische Umsetzungen im Boden handelt. Wir wissen nämlich, daß durch Hitze (Pickering u. a. s. S. 244 u. 205) und in erheblich schwächerem Maße auch durch Schwefelkohlenstoff (Pickering, du Bouisson, Koch s. S. 205) chemische Veränderungen im Boden ausgelöst werden. Führen wir also den Boden durch die Hitze von dem ursprünglichen Zustand A in den Zustand A_H über, so findet der Schwefelkohlenstoff ein ganz anderes „Medium" vor, als wenn er auf den unbehandelten Boden wirkt. Insbesondere wäre es denkbar, daß Beziehungen zwischen den lösenden Eigenschaften des Schwefelkohlenstoffs und der vorangehenden Hitzetoxinbildung bestehen. Umgekehrt verändert die Behandlung mit Schwefelkohlenstoff den Boden viel schwächer als eine Erhitzung. Der Zustand A unterscheidet sich also von dem Zustand A_{cs_2} kaum, so daß auch eine unterschiedliche Wirkung der Temperaturerhöhung bezüglich der eintretenden chemischen Veränderungen nicht zu erwarten ist.

c) Die partielle Sterilisation von Komposterde

Der biotische Charakter der Hemmungswirkung natürlicher Böden auf die Entwicklung von *Ophiobolus graminis* läßt sich am einfachsten nachweisen, wenn es gelingt, durch Reinfektionen die ursprüngliche Schutzwirkung wieder herzustellen. Bereits früher wurde darauf hingewiesen, daß bei derartigen Versuchen die Wirkung, die durch die bloße Beimischung des unbehandelten Bodens infolge seines Gehaltes an irgendwelchen wachstumshemmenden Faktoren ausgelöst werden kann, von der eigentlichen Reinfektionswirkung scharf getrennt werden muß.

Wir haben bereits oben gesehen, daß eine solche Beimischungswirkung bei Zugabe von 5% oder weniger Lößlehm zu Sand nicht oder kaum zu beobachten ist. Nicht anders verhält sich, wie die Tabelle 14a zeigt, die hier untersuchte Komposterde (1) (vgl. auch Abb. 6). Die Entwicklung der Laufhyphen wird durch Zugabe dieser Humuserde in Mengen bis zu 5% nicht wesentlich beeinflußt. Hiermit stimmt überein, daß nach Untersuchungen von Moritz (1933, S. 33) Zusatz von 10% Komposterde zu Sandtorf keine infektionsmindernde Wirkung besitzt. Ebenso ist nach unseren eigenen Untersuchungen (Winter 1939c) das Wachstum der Laufhyphen nach Mischung von 80% Sand mit 20% Komposterde so hoch, daß kaum von einer Hemmung der Laufhyphenentwicklung gegenüber reinem Sand gesprochen werden kann. Die Konzentration der Toxine in der Bodenlösung scheint durch Beimischung der Komposterde zu dem feuchten Sand in der Regel so stark verdünnt zu werden, daß bei Zugabe geringer Kompostmengen nur eine schwache Infektionshemmung zu beobachten ist.

Tabelle 14a

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Beimischung verschiedener Mengen von Komposterde (1) zu Quarzsand

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Bis zu 40% der maximalen Wasserkapazität mit destilliertem Wasser abgesättigter Sand mit Beimischung wechselnder Mengen von Komposterde (1). Temperatur: 20 ° C.

	Komposterdebeimischung zu Sand in Gewichtsprozenten					Reine Komposterde
	0,0 %	0,2 %	1 %	2 %	5 %	
Wachstum der Laufhyphen in mm	69,1	66,3	62,8	64,3	60,9	13,5
Anzahl der untersuchten Wurzeln	75	85	76	73	94	47

Doch mag hier darauf hingewiesen werden, daß Zugabe sehr kleiner Mengen von Komposterde zu Quarzsand unter Umständen das Wachstum der Laufhyphen überraschend stark zu hemmen vermag. Wurde der Tabelle 14a zugrunde liegende Versuch nämlich mit Komposterde (2) wiederholt, so ergab sich ein völlig anderes Bild (vgl. Tab. 14b und Abbildung 6).

Also bereits Zugabe von nur 1% Komposterde (2) zu Sand verringert das Wachstum um fast 50%, und höhere Gaben wirken noch erheblich stärker. Eine gesicherte Erklärung für die überraschende Wirkung so geringer Kompostmengen kann nicht gegeben werden. Der Effekt wird jedoch kaum auf bloßer Beimengung der in der Komposterde enthaltenen Hemmungsstoffe beruhen, da letztere bei Zugabe von nur 1% Kompost zu dem feuchten Sand sehr stark verdünnt werden, so daß keine

Tabelle 14b

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Beimischung verschiedener Mengen von Komposterde (2) zu Quarzsand. Es handelt sich um eine andere Komposterde als in dem Versuch 14 a.

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Bis zu 40 % der maximalen Wasserkapazität mit destilliertem Wasser abgesättigter Sand mit Beimischung wechselnder Mengen von Komposterde (2). Temperatur: 20° C.

	Komposterdebeimischung zu Sand in Gewichtsprozenten					Reine Komposterde
	0,0 %	0,2 %	1 %	2 %	5 %	
Wachstum der Laufhyphen in mm .	69,1	60,6	38,5	32,7	27,9	14,8
Anzahl der untersuchten Wurzeln . .	75	66	58	52	60	83

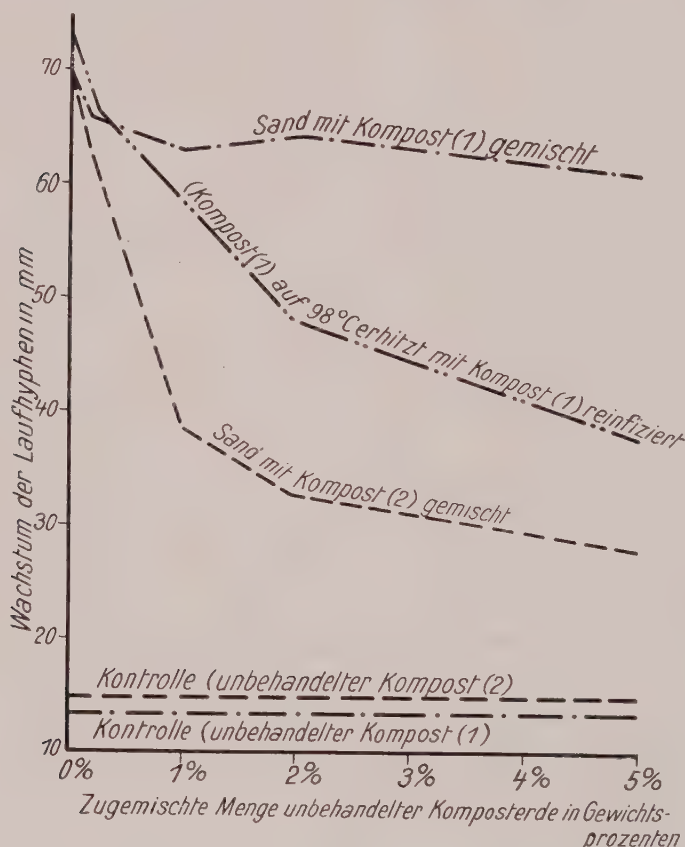


Abb. 6

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in Sand, dem verschiedene Mengen zweier verschiedener Komposterden beigemischt sind (vgl. Tabelle 14a und 14b). (—. —. —) Sand mit Kompost (1); (— — —) Sand mit Kompost (2). Ferner bringt die Abbildung die Rückbildung der infektionshemmenden Eigenschaften einer durch Erhitzung auf 98° C partiell sterilisierten Komposterde (1) nach Reinfektion mit verschiedenen Mengen derselben Komposterde (1) zur Darstellung (— . . — . . —).

erhebliche Infektionshemmung zu erwarten ist. Wahrscheinlicher ist, daß infolge der durch die Mischung von feuchtem Sand und Komposterde (2) entstehenden neuen Bedingungen die mit der Komposterde zugeführten Mikroben sich besser entwickeln oder eine andersartige Mikroflora entsteht, der dieser überraschend starke hemmende Einfluß zuzuschreiben ist. Wenn durch Zumischung von Quarzsand zu der Komposterde (2) solche Stimulierungen oder Veränderungen des Edaphons stattfinden, so ist es natürlich unmöglich, durch Zugabe von Komposterde zu Sand die Beimischungswirkung von dem Erfolg der Impfung als solcher bei Reinfektion partiell sterilisierter Humuserde abzutrennen.

Die in dem folgenden Abschnitt beschriebenen Untersuchungen wurden jedoch mit der im Versuch 14a benutzten Komposterde (1) durchgeführt. Es stand daher nicht zu befürchten, daß durch die Beimischung von Hemmungsstoffen eine Reinfektionswirkung vorgetäuscht würde.

1. Die partielle Sterilisation von Komposterde durch erhöhte Temperatur.

Die partielle Sterilisation der Humuserde durch Temperaturerhöhung wurde in gleicher Weise wie bei dem Lößlehm durchgeführt. Der Boden wurde 2 bzw. 2 1/2 Stunden auf die jeweilige Temperatur erhitzt und ein Teil mit 5% unbehandelter Erde reinfiziert. Der Versuch wurde in vierfacher Wiederholung angesetzt; doch sind die Serien nicht streng untereinander vergleichbar, da die Humuserde in den einzelnen Versuchsreihen unterschiedlichen Feuchtigkeitsgehalt aufwies. In früheren Versuchen (Winter 1939 c) wurde die Humuserde vor der Verwendung getrocknet, um die Bodenfeuchtigkeit in beliebiger Weise einstellen zu können. Da deutliche Anzeichen für die Interferenz antagonistischer Erscheinungen gefunden wurden, war es erwünscht, auch in den vorliegenden Versuchen in einer Serie den Boden vor der partiellen Sterilisation zu trocknen und wieder bis auf 40% der maximalen Wasserkapazität anzufeuchten. Die Ergebnisse dieses Versuchs sind in der Tabelle 15 (Versuch b) zusammengefaßt. In den anderen Serien (Tabelle 15 a, c, d) wurde die Erde dem Komposthaufen in dem jeweiligen Feuchtigkeitszustand entnommen und sofort erhitzt.

Wie die Tabelle 15 und die Abbildungen 3 und 7 zeigen, ähneln sich die Wirkungen verschiedener Temperaturen im Lößlehm und der Humuserde außerordentlich. Auch in der Komposterde nimmt das Wachstum der Laufhyphen mit steigender Temperatur zunächst stetig zu, um bei höheren Temperaturen wieder abzufallen. Während aber im Lößlehm das Optimum bei 70° C liegt, zeigen die Laufhyphen in der Humuserde nach Erhitzung des Bodens auf 90 bis 98° C die beste Entwicklung. Bemerkenswert ist, daß der „ge-

trocknete" Boden (Tab. 15 b) sich keinesfalls anders verhält als die „nicht getrocknete" Humuserde (Tab. 15 a, c, d). Das stimmt mit unserer früheren Beobachtung (vgl. S. 249) überein, daß Trocknen und erneutes Anfeuchten des Lößlehms die Entwicklung der Laufhyphen nicht beeinflußt. Auch die Reinfektion mit 5% unbehandelten Bodens wirkt in gleicher Weise wie bei dem Lößlehm. Sie ruft in jedem Falle eine deutliche Abnahme der Laufhyphenentwicklung hervor. Der Kontrollwert wird zwar in der Regel durch die Reinfektion nicht wieder erreicht. Das

Tabelle 15

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Erhitzung von Komposterde auf verschiedene Temperaturen und nach Reinfektion der erhitzten Böden mit 5% unbehandelten Bodens

Erhitzungsdauer: bei a, b, c 2½ Stunden, bei d 2 Stunden.
Versuchsdauer: 14 Tage. Temperatur: 20° C.

	Erhitzungs-temperatur °C	Wachstum der Laufhyphen in mm		Anzahl der untersuchten Wurzeln	
		nicht reinfiziert	reinfiziert	nicht reinfiziert	reinfiziert
Versuch a	Kontrolle	28,6	—	47	—
	60	36,0	30,0	42	44
	70	38,2	31,3	31	30
	80	36,9	28,2	39	30
	90	40,0	27,0	32	21
	98	37,1	25,4	31	41
	134	30,0	20,4	26	24
Versuch b	Kontrolle	25,0	—	65	—
	50	27,9	28.8	58	72
	60	33,1	30.2	63	64
	70	39,2	34,2	50	74
	80	35,8	33,2	46	78
	90	43,9	29,7	57	67
	98	45,7	25,7	40	46
	134	24,8	17,2	46	47
Versuch c	Kontrolle	35,9	—	72	—
	50	39,1	35,0	58	38
	60	42,5	40,0	36	41
	70	47,3	41,8	37	31
	80	52.5	36,8	43	23
	90	52,8	—	44	—
	98	51,4	42,6	38	49
	134	37,5	31,5	15	39
Versuch d	Kontrolle	13,5	—	47	—
	50	40,7	32,9	52	30
	60	52,6	32,7	46	29
	70	65,7	43,8	42	31
	80	73,8	31,9	36	41
	90	76,7	42,3	21	43
	98	72,8	37,8	54	52
	134	21,4	20,6	43	53

darf jedoch nicht überraschen, da der Versuch sofort nach der Reinfektion begann und die Wirkung der Antagonisten daher anfänglich hinter dem natürlichen Boden zurückbleiben mußte.

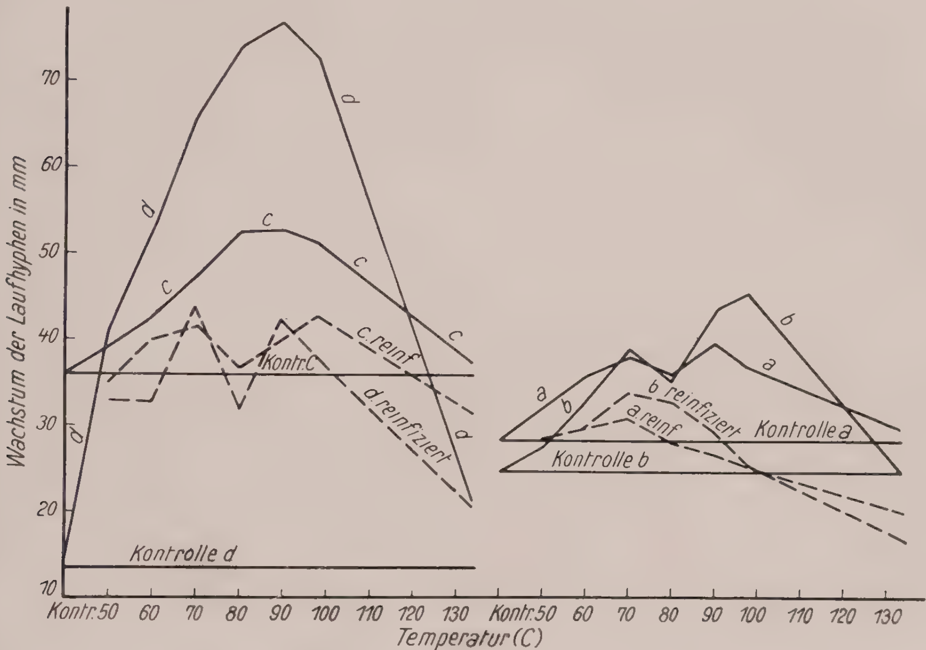


Abb. 7

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Erhitzung von Komposterde auf verschiedene Temperaturen bzw. Reinfektion des erhitzten Bodens mit unbehandelter Komposterde. Vier unter ungleichen Bedingungen verlaufene Versuche sind zur Darstellung gebracht (vgl. Versuch a, b, c und d der Tabelle 15).

Die infektionshemmende Wirkung der Humuserde in natürlichem Zustand und nach vorangehender Trocknung beruht also auf ihrem Gehalt an bestimmten gegenüber *Ophiobolus graminis* antagonistischen Mikroben. Diese werden durch Erhitzung zerstört, und Reinfektion hat ihre erneute Entwicklung zur Folge.

Eine eingehende Analyse der Temperatur- und Reinfektionswirkung wurde nicht durchgeführt. Doch ist es wahrscheinlich, daß die allmähliche Zunahme der Infektion bei steigender Temperatur nicht auf zunehmende Zerstörung einer antagonistischen Mikrobenart, sondern auf die stufenweise Abtötung mehrerer unterschiedlich hitzeresistenter Antagonisten zurückzuführen ist. Nehmen wir an, was allerdings nur für den Lößlehm erwiesen ist, daß die Abnahme der Infektionshemmung zwischen 50° C und 90° C der Zahl der abgetöteten Antagonisten parallel geht. Gehen wir weiterhin von der durch die Reinfektions-

wirkung erwiesenen Tatsache aus, daß im Gipfelpunkt der Kurve (vgl. Abb. 7), also bei 90 bzw. 98° C 100% — oder weniger — der Antagonisten zerstört sind, so müssen bei 50° C 43%, bei 60° C 62% und bei 70° C 83% der Antagonisten vernichtet sein. Haben wir eine einheitliche Art von Antagonisten vor uns, dann ist — wie auch bei dem Lößlehm — nicht einzusehen, daß die überlebenden 57 bzw. 38 oder 17% nicht den ursprünglichen infektionshemmenden Zustand wieder herstellen können. Denn erhöht man durch Reinfektion dieser Böden die Anzahl der Antagonisten um jeweils nicht ganz 5%, so wird die Wachstumsgeschwindigkeit der Laufhyphen stets auf 30—40 mm zurückgedrängt. Da die in den 5% unbehandelten Bodens enthaltenen Antagonisten zahlenmäßig hinter den im erhitzten Boden noch verbliebenen infektionshemmenden Mikroben (57%, 38% oder 17%) zurücktreten, läßt sich die Reinfektionswirkung nur unter der Annahme erklären, daß die mit dem unbehandelten Boden zugeführten Antagonisten sich zum Teil qualitativ von den bei 50° C, 60° C und 70° C nicht abgetöteten Antagonisten unterscheiden. Sind jedoch nicht, wie hier angenommen, bei 90° C 100% der Antagonisten, sondern weniger abgestorben, so werden die Prozentzahlen der überlebenden Antagonisten in den schwächer erhitzten Böden noch höher, und die Unmöglichkeit, die Reinfektionswirkung unter Annahme einer einheitlichen Antagonistenart zu erklären, tritt noch deutlicher hervor.

Tabelle 16

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach 1-, 2-, 3- und 4-stündiger Erhitzung von Komposterde auf 50°, 60°, 70° und 80° C

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Lößlehm. Temperatur: 20° C.

Erhitzungsdauer	Wachstum der Laufhyphen in mm				Anzahl der untersuchten Wurzeln			
	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden	1 Stunde	2 Stunden	3 Stunden	4 Stunden
50° C	35,1	40,7	45,0	49,1	43	52	34	47
60° C	46,7	52,6	60,4	61,9	49	36	46	35
70° C	64,1	65,7	63,7	69,8	33	42	36	27
80° C	69,5	73,8	65,3	65,1	48	36	32	40

Kontrolle (unbehandelte Komposterde) = 13,5 mm.

Auch in der Humuserde wurde die Wirkung verschiedener Erhitzungsdauer bei Temperaturen von 50°, 60°, 70° und 80° C auf das Wachstum der Laufhyphen untersucht (vgl. Tabelle 16 und Abb. 8).

Bei 50° C und 60° C nimmt der Hemmungszustand im Boden mit zunehmender Erhitzungsdauer sehr deutlich ab. Das Wachstum der

Laufhyphen ist nach vierstündiger Erhitzung um 14 bzw. 15,2 mm höher als nach einstündiger Erwärmung. Bei 70° C wirkt dagegen eine Erhöhung der Erhitzungsdauer bedeutend schwächer. Die Werte für die Laufhyphenentwicklung bei kürzester und längster Erwärmung differieren nur um 5,7 mm. Bei 80° C ergibt sich schließlich für die Wirkung verschiedener Behandlungsdauer eine Optimumkurve mit einem Maximum bei zweistündiger Erwärmung. Die Ergebnisse stimmen also im grundsätzlichen völlig mit den entsprechenden Resultaten für den Lößlehm (vgl. Tab. 9 und Abb. 4) überein. Die Abnahme der Laufhyphenentwicklung oberhalb 90° C nach zweistündiger Behandlung dürfte also wohl auf den gleichen Ursachen wie die Entstehung des Infektionsmaximums im Lößlehm nach zweistündiger Erhitzung auf 70° C, also auf Bildung von Hemmungsstoffen durch die Erhitzung beruhen. Nur tritt die Umwandlung der bei niederer Temperatur mit zunehmender Erhitzungsdauer stetig ansteigenden Kurve in eine Optimumkurve bei etwas höherer Temperatur als im Lößlehm ein. Das stimmt mit der Tatsache überein, daß in dem Lößlehm die Laufhyphenentwicklung bei zweistündiger Erwärmung nur bis 70° C, in der Humuserde jedoch bis 90° oder 98° C ansteigt. Die Toxinbildung wird in der Humuserde augenscheinlich erst bei höherer Temperatur so stark, daß sie die infektionsfördernde Wirkung der Vernichtung antagonistischer Mikroben übertrifft. Die Humuserde und der Lößlehm unterscheiden sich also anscheinend hinsichtlich der Reaktionsgeschwindigkeiten der beiden gegenläufigen Prozesse — der Zerstörung der Antagonisten und der abiotischen Toxinbildung —, so daß

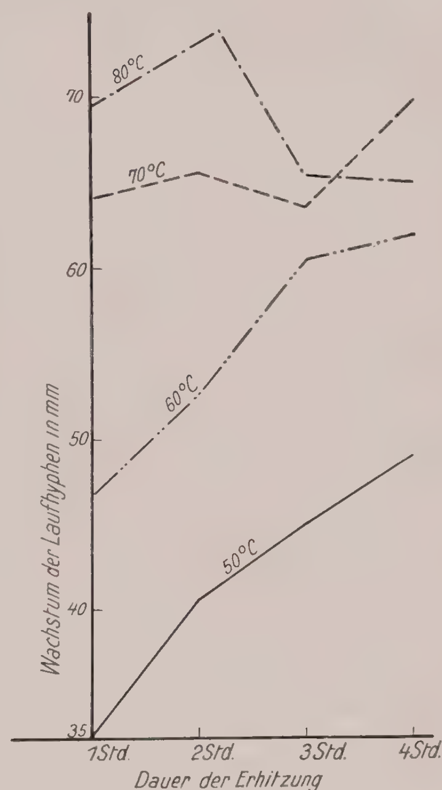


Abb. 8
Der Einfluß 1-, 2-, 3- und 4-stündiger Erhitzung von Komposterde auf die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* (vgl. Tabelle 16)
———— erhitzt auf 50° C
—..—..— erhitzt auf 60° C
— — — — erhitzt auf 70° C
—.—.— erhitzt auf 80° C.

die Umwandlung der ansteigenden Kurve für die Wirkung der Erhitzungsdauer in eine Optimumkurve bei verschiedener Temperatur erfolgt.

Es ist daher mit Sicherheit zu erwarten, daß bei 90° C oder 98° C das Optimum der Erhitzungsdauer nach links auf einstündige Erwärmung oder noch kürzere Behandlungszeit hin verschoben wird. Diese Unterschiede zwischen der Wirkung verschiedener Erhitzungszeiten in Lößlehm und Humuserde können nicht überraschen, da in den so verschiedenen Substraten insbesondere die bei höherer Temperatur entstehenden Toxine schwerlich gleichen Ursprungs sein werden. Auch unterscheiden sich beide Böden hinsichtlich der Art der in ihnen vorhandenen Antagonisten (vgl. Tab. 18) und dementsprechend wohl auch hinsichtlich ihrer Hitzeresistenz.

Die Tabelle 17 läßt erkennen, daß die Reinfektion der auf 98° C erhitzten Humuserde mit verschiedenen Mengen unbehandelten Bodens die gleiche Wirkung wie bei entsprechender Impfung des auf 98° C erhitzten Lößlehms zeigt (vgl. Tabelle 7 und Abb. 2). Das Wachstum der Laufhyphen nimmt um so stärker ab, es nähert sich dem Kontrollwert um so mehr, je größer die zur Impfung verwendete Menge unbehandelten Bodens, je größer also die Zahl der zugeführten Antagonisten ist (vgl. Abb. 6).

Tabelle 17

Das Wachstum der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Reinfektion der bei 98° C 2 Stunden partiell sterilisierten Komposterde mit verschiedenen Mengen desselben unbehandelten Bodens

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Bei 98° C 2 Stunden partiell sterilisierte Komposterde. Temperatur: 20° C.

	Reinfiziert mit				Kontrolle, unbehandelter Boden
	0,0 %	0,25 %	2 %	5 %	
Wachstum der Laufhyphen in mm . .	72,8	66,4	47,9	37,8	13,5
Anzahl der untersuchten Wurzeln . .	54	35	40	52	47

Zu sehr interessanten Resultaten führte nun die Reinfektion der auf 98° C erhitzten Humuserde mit Lößlehm und einem Heidehumusboden aus Lütjenholm in Schleswig-Holstein. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 18 zusammengefaßt.

Impfung der Komposterde mit den im Lößlehm antagonistisch wirksamen Mikroben in einer Menge, die hinreicht, um in dem erhitzten Lößlehm selbst den natürlichen infektionshemmenden Zustand wieder herzustellen, bleibt also fast wirkungslos. Der infektionshemmende Zustand im Lößlehm und der Humuserde muß also auf die Tätigkeit verschiedener Mikrobenarten zurückgeführt werden. Dagegen steht die

Impfung der erhitzten Humuserde mit dem Heidemoorboden in ihrer Wirkung der reinfizierenden Kraft natürlicher Humuserde nicht nach. Ob der Heidehumusboden dieselben Antagonisten enthält wie die Komposterde, oder ob seine reinfizierende Wirkung auf dem Gehalt an anderen in der Komposterde antagonistisch wirksamen Mikroben beruht, läßt sich nicht entscheiden. Wechselweise Reinfektion der beiden Böden nach Erhitzung könnte hier eventuell weitere Aufklärung bringen.

Tabelle 18

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach Reinfektion der 2 Stunden bei 98° C partiell sterilisierten Komposterde mit verschiedenen Mengen anderer Böden

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Bei 98° C 2 Stunden partiell sterilisierte Komposterde. Temperatur: 20° C.

	Reinfiziert mit				Kontrolle, unbehandelte Komposterde
	5 % Lößlehm	1 % Heidehumusboden	5 % Heidehumusboden	0,0 %	
Wachstum der Laufhyphen in mm	63,9	49,1	39,7	72,8	13,5
Anzahl der untersuchten Wurzeln	52	32	40	54	47

Das Wachstum der Laufhyphen schwankt in dem Heidehumusboden unter sonst gleichen Bedingungen wie in dem der Tabelle 18 zugrunde liegenden Versuch je nach der Bodenfeuchtigkeit zwischen 41,9 und 52,3 mm und steigt nach der Erhitzung auf 48,5 bis 63,2 mm. Die Schutzwirkung ist also im Vergleich zu der Infektionshemmung im Lößlehm oder der Komposterde sehr gering. Nun geht das Wachstum der Laufhyphen nach Zugabe von 5% natürlicher Komposterde zu der partiell sterilisierten Komposterde von 72,8 auf 39,7 bzw. 37,8 mm zurück. Der Heidehumus besitzt also die gleiche reinfizierende Kraft wie eine entsprechende Beimischung unbehandelter Komposterde. Der Heidehumus enthält also „Antagonisten", die in dem Heidehumusboden selbst jedoch nur eine geringe infektionshemmende Wirkung besitzen und ihre antagonistischen Eigenschaften erst in der Komposterde voll zur Entwicklung bringen können. Die beschriebene Maskierung ihrer antagonistischen Eigenschaften in dem Heidehumus kann zweierlei Ursachen haben:

1. Ihre Zahl ist infolge ungünstiger Lebensbedingungen in dem Heidehumus relativ gering, und sie gelangen erst nach Übertragung in die Komposterde voll zur Entwicklung.

2. Die von ihnen ausgelösten Zersetzungsprozesse verlaufen in beiden Böden infolge der verschiedenen Lebensbedingungen in verschie-

denen Bahnen, so daß in dem Heidehumus keine oder nur geringe Mengen, in der Komposterde dagegen beträchtliche Quantitäten infektionshemmender Substanzen entstehen.

Diese Alternative läßt sich auf Grund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht entscheiden. Ebenso bleibt offen, ob die Wirkungslosigkeit der Impfung partiell sterilisierter Humuserde mit stark schützendem, also an Antagonisten reichem Lößlehm auf mangelnden Entwicklungsmöglichkeiten für die „Lößlehmantagonisten" beruht, oder ob ihre Zersetzungstätigkeit trotz guter Entwicklung in der Komposterde zu keiner Bildung von Hemmungsstoffen führt.

Die Unmöglichkeit, der partiell sterilisierten Komposterde durch Impfung von Lößlehm, der einen hohen Antagonistengehalt besitzt, ihre infektionshemmenden Eigenschaften zurückzugeben, sowie die Tatsache, daß ein an sich schlecht schützender, also scheinbar an Antagonisten armer Boden wie der Heidehumus nach Zugabe zu partiell sterilisierter Komposterde die gleiche reinfizierende Kraft wie die unbehandelte Komposterde entwickelt, lassen die Schwierigkeiten erkennen, die einer biologischen Bekämpfung der Ophiobolose durch Impfung schlecht schützender Böden mit „Antagonisten" entgegenstehen. Die im Lößlehm wirksamen Antagonisten entwickeln sich nicht in der Komposterde, oder ihr fermentativer Abbau verläuft in antagonistisch wirkungslosen Bahnen. Die im Heidehumus, sei es infolge ihrer geringen Zahl oder infolge der durch die Umweltbedingungen bestimmten Zersetzungstätigkeit nicht oder schwach antagonistischen Mikroben zeigen umgekehrt in der partiell sterilisierten Komposterde stark hemmende Eigenschaften. Der Erfolg der Bodenimpfung mit „Antagonisten", die in einem künstlichen Nährmedium oder in einer bestimmten Bodenart Hemmungsstoffe bilden, hängt somit sehr von Zufälligkeiten ab. Umgekehrt kann die Zufuhr unter bestimmten Bedingungen wirkungsloser Mikroben eventuell von Wert sein. Es kommt bei der biologischen Bekämpfung der Ophiobolose also anscheinend nicht so sehr auf die Gegenwart bestimmter Mikroben an. Wichtiger erscheint es, die Umweltbedingungen durch Zugabe bestimmter Stoffe oder bestimmte Bodenbearbeitung so zu lenken, daß der fermentative Abbau der Mikroflora zur Bildung von Hemmungsstoffen führt und die Antagonisten sich kräftig entwickeln. Eine Impfung wird sich in der Regel erübrigen, da die „Antagonisten", wenn auch in maskierter Form, auch in einem schlecht schützenden Boden (Heidehumus) vorhanden sind. Wir sahen aber bereits oben, daß der Einfluß eines bestimmten Stoffes auf die Entwicklung der Laufhyphen vom Bodentyp abhängt. Zugabe eines bestimmten Nährstoffes schwächt die Schutzwirkung der Kompost-

erde, während sie im Lößlehm die Entwicklung der Laufhyphen hemmt. Berücksichtigen wir, daß die infektionshemmenden Eigenschaften der Komposterde und des Lößlehms durch verschiedene Mikroben bedingt sind, so kann diese Erscheinung nicht überraschen. Andererseits erhellt aus diesen Ausführungen, daß gerade die Ungleichartigkeit der in verschiedenen Böden wirkenden Antagonisten die biologische Bekämpfung der Ophiobolose — in Form einer Beeinflussung der Mikrobenflora durch Veränderung ihrer Lebensbedingungen — außerordentlich erschweren muß. Auch darf nicht übersehen werden, daß die infektionshemmende Wirkung des Edaphons nicht nur in einer Hemmung der Laufhyphenentwicklung besteht. Ebenso wichtig, wenn nicht noch entscheidender, ist die Zersetzung der Myzelteilchen von *Ophiobolus graminis* durch die Bodenmikroben (vgl. Garrett 1938).

Die Ergebnisse dieses Abschnittes lassen sich in der Feststellung zusammenfassen, daß die bessere Entwicklung der Laufhyphen nach partieller Sterilisation der Komposterde durch Erhitzung auf verschiedene Temperaturen gleichfalls auf die Abtötung „toxinbildender" Mikroben zurückzuführen ist. Die Infektionshemmung in dem Lößlehm und der Humuserde beruht jedoch auf der Tätigkeit verschiedener Organismen.

2. Die partielle Sterilisation von Komposterde durch Antiseptika.

Um die Verdunstung der Antiseptika in dem Lößlehm möglichst rasch und vollständig durchzuführen, wurde der Boden an der Luft einige Tage in dünner Schicht getrocknet. Für die Komposterde war dieses Verfahren, wie sich bald herausstellte, unbrauchbar. Durch die Austrocknung der Humuserde traten irreversible Schädigungen der Kolloide ein, die eine enorme Abnahme der Wasserkapazität zur Folge hatten. Komposterde, die sich in natürlichem Zustand nur mäßig feucht anfühlte und wunderbar krümelte, wurde durch das Austrocknen bei Zimmertemperatur so stark verändert, daß sie bereits bei Zugabe von 70% des ursprünglichen Wassergehaltes vollständig mit Wasser abgesättigt war. Auch mehrtägiges Stehen nach Zugabe des Wassers änderte an dieser Zustandsänderung nichts. Zwar besteht bezüglich der Wirkung erhöhter Temperatur auf „getrocknete" und „nicht getrocknete" Humuserde (vgl. Tab. 15) kein grundsätzlicher Unterschied. Dennoch wurde nach der Einwirkung der Chemikalien auf das Trocknen der Komposterde verzichtet, um auf alle Fälle die Interferenzwirkung kolloider Zustandsänderungen auszuscheiden. Dementsprechend wurde durch regelmäßige Anfeuchtung der zum Verdunsten der Chemikalien in dünner Schicht ausgebreiteten Komposterde mit sterilisiertem aqua dest. ein Austrocknen

vermieden. Abgesehen von dieser Abweichung wurde die Behandlung mit Chemikalien in völlig identischer Weise wie bei dem Lößlehm durchgeführt. Sämtliche Versuchsresultate sind in den Tabellen 19 und 20 zusammengestellt.

Tabelle 19

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation von Komposterde mit Schwefelkohlenstoff, Alkohol und Toluol

Versuchsboden: Komposterde.

Behandelt mit	Versuch a: T = 18° C, Dauer: 14 Tage		Versuch b: T = 20° C Dauer: 16 Tage	
	Wachstum der Laufhyphen in mm	Anzahl der untersuchten Wurzeln	Wachstum der Laufhyphen in mm	Anzahl der untersuchten Wurzeln
5 % CS_2	42,1	96	59,8	57
5 % Alkohol	31,1	76	38,3	74
5 % Toluol	37,3	85	47,8	68
Kontrolle	28,6	82	23,2	92

Also auch die Behandlung der Komposterde mit Chemikalien wie Schwefelkohlenstoff, Toluol, Alkohol und Chloroform führt zu wesentlich besserer Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis.* Da diese Wirkung durch Reinfektion mit 5% unbehandelter Erde weitgehend rück-

Tabelle 20

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach partieller Sterilisation der Komposterde mit verschiedenen Mengen von Schwefelkohlenstoff, Toluol und Chloroform und nach Reinfektion mit unbehandeltem Boden

Versuchsdauer: 14 Tage. Versuchsboden: Komposterde. Temperatur: 20° C.

Behandelt mit	Wachstum der Laufhyphen in mm		Anzahl der untersuchten Wurzeln	
	nicht reinfiziert	reinfiziert (5 %)	nicht reinfiziert	reinfiziert (5 %)
0,2 % CS_2	18,3	22,1	37	37
1,0 % CS_2	56,0	23,4	52	48
5,0 % CS_2	63,8	28,9	56	44
0,2 % Toluol	20,2	17,7	26	35
1,0 % Toluol	39,3	20,3	25	27
5,0 % Toluol	40,7	25,4	26	24
0,2 % $CHCl_3$	57,9	42,2	34	33
1,0 % $CHCl_3$	55,9	39,9	27	28
5,0 % $CHCl_3$	58,2	42,8	26	30
Kontrolle	13,5	—	47	—

gängig gemacht werden kann, muß auch hier die Vernichtung des infektionshemmenden Zustandes im Boden im wesentlichen auf Abtötung antagonistischer Mikroben durch die antiseptischen Verbindungen beruhen. Die Abtötung der Antagonisten nimmt bei Verwendung von Schwefelkohlenstoff und Toluol mit der angewandten Konzentration zu, während Chloroform bei einer Konzentration von 0,2% bis 5% stets die gleiche Wirkung erkennen läßt.

3. Die aufeinanderfolgende partielle Sterilisation von Komposterde mit erhöhter Temperatur und Schwefelkohlenstoff.

Angesichts der übereinstimmenden Wirkung verschiedener Temperatur und verschiedener Chemikalien auf die infektionshemmenden Eigenschaften natürlichen Lößlehms und natürlicher Humuserde kann es nicht überraschen, daß auch kombinierte Behandlung von Komposterde und Lößlehm mit Schwefelkohlenstoff und Hitze bei beiden Böden im wesentlichen die gleichen Ergebnisse zeitigt (vgl. Tabelle 21).

Tabelle 21

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* nach aufeinanderfolgender Behandlung der Komposterde mit verschiedenen Temperaturen und 5% Schwefelkohlenstoff. T = nur erhitzt. 5% CS_2 + T = zuerst mit Schwefelkohlenstoff behandelt, dann erhitzt. T + 5% CS_2 = erst erhitzt, dann mit Schwefelkohlenstoff behandelt

Versuchsdauer: 14 Tage. Bodenart: Komposterde. Temperatur: 20° C.

Art der Behandlung °C	Wachstum der Laufhyphen in mm			Anzahl der untersuchten Wurzeln		
	T	5% CS_2 + T	T + 5% CS_2	T	5% CS_2 + T	T + 5% CS_2
Kontrolle	13,5	—	—	47	—	—
50	40,7	71,5	29,6	52	49	59
60	52,6	73,9	39,7	46	35	50
70	65,7	74,7	40,8	42	46	58
80	73,8	73,7	—	36	38	—
90	76,7	74,1	—	21	35	—
98	72,8	68,4	47,4	54	60	48
134	21,4	20,0	—	43	53	—

Auch für die Komposterde wurde die Behandlung in der Reihenfolge T + 5% CS_2 und 5% CS_2 + T durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 21 zusammengestellt und in der Abb. 9 zur graphischen Darstellung gebracht.

Die Wirkung aufeinanderfolgender partieller Sterilisation mit 5% Schwefelkohlenstoff und Hitze hängt also auch hier von der Reihenfolge ab, in der die Mittel angewandt werden. Vermutlich steht diese Er-

scheinung mit den chemischen Änderungen in Zusammenhang, die der Boden in starkem Ausmaß durch die Erhitzung, aber in nur geringem Umfang durch den Schwefelkohlenstoff erleidet. *Der Schwefelkohlenstoff findet also in dem erhitzten Boden ganz andere Bedingungen vor als in natürlicher Erde. Sein Eingriff in das chemische Gefüge des Bodens kann daher in völlig neuen Bahnen verlaufen. Die Erwärmung stößt dagegen in natürlichem und schwefelkohlenstoffbehandeltem Boden auf wenig veränderte Voraussetzungen, so daß der Effekt der kombinierten Behandlung in der Reihenfolge CS_2 + Hitze im wesentlichen die Summe der Einwirkung beider Faktoren auf den natürlichen Boden darstellen wird.*

In der Tat kann die Wirkung von 5% Schwefelkohlenstoff + Hitze im wesentlichen als die Summe der von beiden Mitteln vernichteten Antagonisten aufgefaßt werden. Diese kombinierte Behandlung begünstigt bei Anwendung hoher Temperaturen die Entwicklung der Laufhyphen kaum oder nicht stärker als die Erwärmung allein, da die hohe Temperatur bereits die Mehrzahl der Antagonisten beseitigt. Niedere Temperatur verschont dagegen eine Anzahl hemmender Mikroben, die durch den Schwefelkohlenstoff vernichtet werden. Kombinierte Behandlung fördert daher in diesem Falle die Entwicklung der Laufhyphen viel stärker als ein Mittel allein.

Die Abbildung 9, deren Darstellungsweise mit den für die Abbildung 5 gegebenen Erläuterungen übereinstimmt, belegt diese Auffassung im einzelnen. Eine Erhitzung auf 50° C vernichtet nur einen Teil der gegen den Schwefelkohlenstoff empfindlichen Antagonisten. Die Wirkung zusätzlicher Behandlung des erhitzten Bodens mit Schwefelkohlenstoff ist daher sehr ausgeprägt. Mit steigender Temperatur wird, wie nicht anders zu erwarten, die Anzahl der nur gegen den Schwefelkohlenstoff, nicht aber gegen Erhitzung empfindlichen Antagonisten immer geringer. Die CS_2+T-Behandlung übertrifft die Wirkung der Erhitzung allein also um so weniger, je höher die Temperatur ist. Die Menge der durch beide Mittel zerstörbaren Antagonisten wird andererseits immer größer, bis bei 80° C ein Maximum erreicht ist. Bei dieser Temperatur werden alle schwefelkohlenstoffempfindlichen Antagonisten auch durch Erhitzung vernichtet. Die zusätzliche CS_2-Behandlung bleibt daher bei dieser und höheren Temperaturen wirkungslos. Die Abweichungen der CS_2+T-Kurve von der T-Kurve liegen dementsprechend innerhalb der Fehlergrenze.

Wie bei der Beurteilung der durch kombinierte Behandlung des Lößlehms erhaltenen Resultate darf auch in diesem Fall nicht übersehen werden, daß bei höheren Werten für die Entwicklung der Laufhyphen

unter Umständen bereits neben den antagonistischen Einflüssen und der thermischen Toxinbildung andere Faktoren ins Minimum geraten sind und daher begrenzend wirken, also die volle Auswirkung der kombinierten Behandlung mehr oder minder verschleiern. Es besteht also hier wie bei dem Lößlehm die Möglichkeit, daß sich die Behandlungen mit 5%

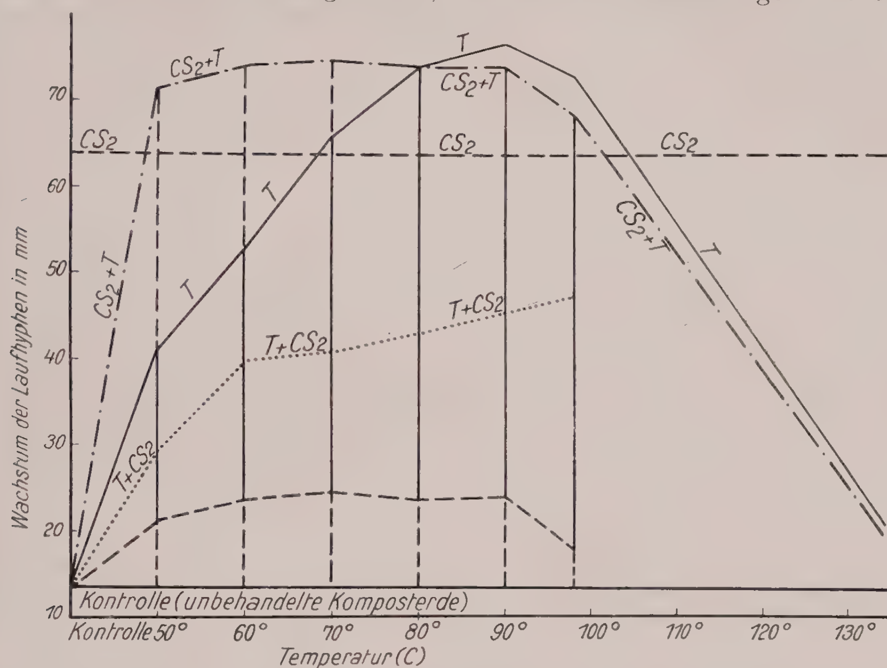


Abb. 9

Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in einer Komposterde, die nacheinander mit 5% Schwefelkohlenstoff und durch Erhitzung auf verschiedene Temperaturen partiell sterilisiert wurde (vgl. Tabelle 21). Die ausgezogene Horizontale in Höhe von 13,5 mm veranschaulicht das Wachstum der Laufhyphen in unbehandelter Komposterde. Die unterbrochene Horizontale in Höhe von 63,8 mm gibt das Wachstum der Laufhyphen nach Behandlung der Komposterde mit 5% Schwefelkohlenstoff an.

Weitere Erklärungen im Text.

——— T Wachstum der Laufhyphen in nur erhitztem Boden

—.—.— $CS_2 + T$ Wachstum der Laufhyphen im erst mit Schwefelkohlenstoff behandelten und dann auf verschiedene Temperaturen erhitzten Boden,

.... $T + CS_2$ Wachstum der Laufhyphen im erst erhitzten und dann mit 5% Schwefelkohlenstoff behandelten Boden.

Schwefelkohlenstoff und verschiedenen Temperaturen hinsichtlich der von ihnen zerstörten Antagonisten stärker unterscheiden, als es die gefundenen Werte vermuten lassen. Im übrigen wird hinsichtlich der Interpretation der Kurven auf das bei der kombinierten Behandlung des Lößlehms Gesagte verwiesen.

Zusammenfassend kommen wir zu dem Schluß, daß die Wirkung der partiellen Sterilisation in der Komposterde und dem Lößlehm auf der

gleichen Ursache, nämlich der Abtötung solcher Mikroben beruht, die das Wachstum der Laufhyphen im natürlichen Boden durch Bildung von Hemmungsstoffen herabsetzen.

d) Die Bedeutung anderer Umweltfaktoren für die Wirkung der partiellen Sterilisation

In quantitativer Beziehung wird die Wirkung der partiellen Sterilisation u. a. von der Bodenart bestimmt, und zwar ist sie in der Komposterde durchweg stärker als in dem Lößlehm, wie die größere Differenz zwischen der Laufhyphenentwicklung in natürlicher und partiell sterilisierter Komposterde beweist (vgl. Versuch d, Tabelle 15).

Nach Waksman und Starkey (1923 a) ist die Wirkung der partiellen Sterilisation durch Hitze oder Toluol auf die Gesamtzahl der Pilze oder Bakterien gleichfalls von der Bodenart abhängig. Auf saurem (pH 5,5), an organischen Stoffen reichem (1,73%) Boden (5 A) wurde das Wachstum der Pilze durch die partielle Sterilisation außerordentlich stark erhöht. Die Zahl der Bakterien nahm desgleichen deutlich zu. Auf einem anderen sauren (pH 5,5), aber humusarmen (0,96%) Boden (7 A) begünstigte die partielle Sterilisation die Entwicklung der Pilze zwar sehr erheblich, aber viel schwächer als auf vorgenanntem Boden, während die Bakterienzahlen durch die Behandlung kaum beeinflußt wurden. Auf gekalktem und daher nur schwach saurem (pH 6,3), an organischen Stoffen armem (1,18%) Boden (7 B) steigerte die Behandlung mit Toluol oder Hitze dagegen die Bakterienzahlen in ganz auffälligem Maße, während die partielle Sterilisation für die Entwicklung der Pilze in diesem Boden so gut wie bedeutungslos war (vgl. Burgess 1929). Offensichtlich wird die Entwicklung der säurefeindlichen Bakterien in dem Boden 5 A durch die saure Reaktion in stärkerem Maße begrenzt als das Wachstum der acidophilen Pilze. Die Wirkung der Nährstoffaufschließung wird daher für die Bakterien durch die im Minimum befindliche und somit begrenzende H-Konzentration abgeschwächt. In dem annähernd neutralen Boden 7 B ist die Wasserstoffionenkonzentration für die Bakterien nicht mehr so stark im Minimum, sie beginnt jedoch einen begrenzenden Einfluß auf die Entwicklung der Pilze auszuüben. Die Wirkung der Nährstoffaufschließung tritt daher auf diesem Boden für die Bakterien in verstärktem, bei den Pilzen jedoch in sehr abgeschwächtem Maße hervor. Auf dem Boden 7 A scheint schließlich — neben der begrenzenden Wirkung der sauren Reaktion für die Bakterien — der geringe Gehalt an organischen Stoffen und die damit verbundene verminderte Aufschließung von Nährstoffen, wie sie nach den Untersuchungen von Gedroiz und Achromeiko (1928) bei Abnahme der organischen Substanz im Boden zu erwarten ist, die Auswirkung der partiellen Sterilisation gegenüber dem

humusreichen Boden 5 A gleicher Reaktion sowohl für Pilze wie Bakterien herabzusetzen. In welchem Maße die Bodenmikroben auf partielle Sterilisation reagieren, hängt also zunächst davon ab, ob ihre Zahl im natürlichen Boden vor allem durch einen Faktor (z. B. Nährstoffgehalt) begrenzt wird, den die partielle Sterilisation in einem für die Mikroben günstigen Sinne beeinflußt. Wird nämlich in den Untersuchungen von Waksman und Starkey das Wachstum der Bakterien bzw. Pilze neben dem Nährstoffmangel vor allem auch durch ungünstige, also saure bzw. annähernd neutrale Reaktion gehemmt, also einen Faktor, der durch Erhitzung auf 65° C nicht oder kaum beeinflußt wird, so ist die Wirkung der partiellen Sterilisation auf die betreffenden Organismen gering. Entscheidend ist weiterhin die Intensität der durch die partielle Sterilisation verursachten Änderungen im natürlichen Boden. Wichtig ist insbesondere für *Ophiobolus graminis* auch, ob und in welchem Maße neben der günstigen Wirkung der Antagonistenzerstörung ungünstige Reaktionen im Boden stattfinden. Zwar wissen wir, daß z. B. auch ungünstige Wasserstoffionenkonzentration und schlechte Bodendurchlüftung einen hemmenden Einfluß auf die Entwicklung der Laufhyphen im natürlichen Boden ausüben. Die Bedeutung dieser Faktoren tritt jedoch im natürlichen Boden in der Regel neben der hemmenden Wirkung der Antagonisten zurück. Das beweisen alle einschlägigen Untersuchungen, die durchweg eine sehr deutliche Wirkung der partiellen Sterilisation auf die Entwicklung der Laufhyphen konstatierten.

Schwankungen in der Wirkung der partiellen Sterilisation bei verschiedenem Wassergehalt der Komposterde und des Lößlehms, wie sie früher von uns beobachtet wurden (Winter 1939 c), scheinen mit den Veränderungen der Hemmungsstoffkonzentration in der Bodenlösung zusammenzuhängen.

Auffallend bleibt allerdings die Tatsache, daß die Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* in der Natur so ausschlaggebend durch die antagonistische Wirkung des Edaphons beeinflußt werden, daß alle anderen Faktoren daneben zurücktreten. Man könnte diese Erscheinung mit der Tatsache in Zusammenhang bringen, daß die Laufhyphen vom Nährstoffgehalt des Bodens unabhängig sind, Nährstoffmangel also nie zum begrenzenden Faktor wird, und die Wirkung des Antagonismus somit besonders deutlich hervortreten muß. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß auch die saprophytische Entwicklung des Pilzes im natürlichen Boden nach unseren Feststellungen (vgl. S. 222 ff.) nicht durch Nährstoffmangel, sondern den Toxingehalt des Bodens begrenzt wird. Eine besondere Empfindlichkeit des Pilzes gegen Hemmungsstoffe biotischen Ursprungs liegt also zweifellos vor.

G. Zusammenfassung

1. Die Entwicklung der Laufhyphen von *Ophiobolus graminis* wird wie die Entwicklung zahlreicher Bodenmikroben durch partielle Sterilisation des Bodens mittels Hitze (50°—100° C), Chloroform, Schwefelkohlenstoff, Alkohol oder Toluol in verschiedenem, aber in der Regel sehr starkem Maße gefördert. Die Annahme (Garrett 1936), daß diese Wirkung auf Veränderungen des Kohlendioxydgehaltes der Bodenluft beruht, ist bereits früher widerlegt (Winter 1939 b). Nach unseren heutigen Kenntnissen ist die erhöhte Aktivität der Bakterien und Pilze nach partieller Sterilisation vor allem auf Nährstoffaufschließung zurückzuführen. Die Zerstörung antagonistischer Mikroben oder der von ihnen gebildeten Toxine ist in diesem Zusammenhang viel diskutiert, ihre Bedeutung aber nicht sichergestellt. Bei Durchführung der partiellen Sterilisation mit Chemikalien können ferner Stimulationen eintreten.

2. Zugabe wechselnder Mengen von Malzmehl, Glukose, grob zerschnittener oder breiig zerquetschter Teile von blühenden Saubohnen zu ganz verschiedenen Bodentypen unter nicht sterilen und — in einem Fall — sterilen Bedingungen läßt keine unmittelbaren Beziehungen zwischen der Entwicklung der Laufhyphen und dem Nährstoffgehalt des Bodens erkennen. Doch kann Zugabe von organischer Substanz indirekt durch Veränderung der Mikroflora das Wachstum der Laufhyphen gegenüber dem natürlichen Boden begünstigen oder hemmen. Ob nach Zugabe eines Stoffes oder Veränderung seiner Konzentration Hemmung oder Förderung der Infektion erfolgt, hängt von der Art des Bodens oder — bei Zugabe von *Vicia faba* — davon ab, ob die Pflanzenteile grob zerschnitten oder breiig zerquetscht waren. Die Laufhyphen sind also von dem Nährstoffgehalt des Bodens unabhängig. Sie beziehen durch die abzweigenden Infektionshyphen ihre Nahrung aus den Wurzeln der Wirtspflanze.

Direkte mikroskopische Beobachtung der Laufhyphen in natürlicher Lagerung läßt erkennen, daß sie im normalen Ackerboden streng an die Oberfläche der Wurzeln gebunden sind. Erhitzung natürlicher Böden erhöht nicht nur das Wachstum der Laufhyphen, sondern veranlaßt sie auch zur Ausbildung zahlreicher von ihnen abzweigender, den Boden durchwuchernder, saprophytischer Myzelien. Diese Unfähigkeit des an sich zu saprophytischer Lebensweise befähigten Pilzes, in natürlichem Ackerboden rein saprophytisch zu wachsen, bzw. von den Laufhyphen saprophytische Myzelien in den Boden abzuzweigen, beruht gleichfalls nicht auf Nahrungsmangel.

3. Somit kann weder das bessere Wachstum der Laufhyphen noch das Einsetzen saprophytischer Entwicklung nach partieller Sterilisation mit der hierbei erfolgenden Nährstoffaufschließung in Zusammenhang

stehen. Es müssen durch die partielle Sterilisation vielmehr irgendwelche hemmenden Eigenschaften des Bodens beseitigt werden. Sie hindern die Laufhyphen an einer der reichlichen Nahrungszufuhr durch die Infektionshyphen entsprechenden Entwicklung und der dem Nährstoffgehalt des Bodens nach zu erwartenden Ausbildung von ihnen abzweigender saprophytischer Myzelien. In Übereinstimmung hiermit hemmen durch Filtration entkeimte, wässerige Extrakte aus den untersuchten Böden die Laufhyphen um so stärker, je höher ihre Konzentration ist (vgl. auch Winter 1939 b). Die entwicklungshemmenden Eigenschaften können durch Hitze oder Chemikalien partiell sterilisierten Böden mittels Beimischung geringer Mengen unbehandelten Bodens zurückgegeben werden. Diese Wirkung beruht aber nicht auf bloßer Beimischung irgendwelcher unbelebter Hemmungsstoffe. Sie ist vielmehr die Folge der Impfung mit den bei der partiellen Sterilisation abgetöteten Mikroben, die dem natürlichen Boden die hemmenden Eigenschaften verleihen und nach Reinfektion erneut zur Entwicklung kommen. Der Reinfektionsversuch beweist, daß die Wirkung partieller Sterilisation bei Verwendung von Chemikalien nicht auf Stimulation der Laufhyphen durch geringe, im Boden verbliebene Mengen der Antiseptika beruht. Die Rückbildung des Hemmungszustandes geht innerhalb gewisser Grenzen um so rascher vor sich, je größer die angewandte Impfmenge ist.

Damit sich die Vernichtung der antagonistischen Mikroben durch partielle Sterilisation auswirken kann, ist es jedoch erforderlich, daß nicht nur die Antagonisten, sondern vor allem auch die durch sie gebildeten Hemmungsstoffe zerstört werden. Es läßt sich nicht mit Sicherheit entscheiden, ob dieser Abbau der Hemmungsstoffe unmittelbar durch die partielle Sterilisation selbst erfolgt, oder ob eine sekundäre biotische oder chemische (oxydative?) Entgiftung des Bodens eintritt. Doch sprechen manche Erscheinungen dafür, daß dem letztgenannten Prozeß eine wichtige, wenn nicht die entscheidende Bedeutung zukommt.

4. Die Laufhyphen reagieren auf partielle Sterilisation durch verschiedene Temperaturen (50—134° C) mit einer Wachstumskurve, die bei 70° C (auf Lößlehm) bzw. bei 90°—98° C (auf Komposterde) ein Optimum erkennen läßt. Sie ist der Ausdruck zweier Reaktionen, die das Wachstum der Laufhyphen in entgegengesetztem Sinne beeinflussen. Der Anstieg der Kurve zwischen 50°—70° C (Lößlehm) geht einer zunehmenden Abtötung der Antagonisten parallel. Und zwar handelt es sich um stufenweise Zerstörung mehrerer, unterschiedlich hitzeempfindlicher, antagonistischer Mikrobenarten. Die Abnahme der Laufhyphenentwicklung oberhalb der optimalen Temperatur scheint dagegen durch chemische Entstehung entwicklungshemmender Verbindungen hervorgerufen zu werden, deren Bildungsgeschwindigkeit (und Zahl?) mit steigender Temperatur zunimmt.

5. Die Laufhyphen reagieren auf zunehmende Dauer (1—4 Stunden) der Erhitzung bei Anwendung niederer Temperatur (bis 60° C im Lößlehm, bis 70° C in der Komposterde) mit besserer Entwicklung. Bei höherer Temperatur erhält man jedoch eine Optimumkurve, die bei relativ langer Versuchsdauer kulminiert. Noch stärkere Erwärmung verschiebt das Optimum in das Gebiet kürzerer Erhitzung, so daß schließlich die kürzeste Versuchsdauer das stärkste Wachstum der Laufhyphen auslöst. Diese Erscheinung läßt sich auf die gegenläufige Auswirkung der Antagonistenzerstörung und der thermischen Bildung von Hemmungsstoffen sowie die unterschiedlichen Reaktionsgeschwindigkeiten der beiden Prozesse zurückführen.

6. Die Wirkung aufeinanderfolgender partieller Sterilisation mit 5% CS_2 und Hitze hängt von der Reihenfolge ab, in der die Mittel angewandt werden. Vermutlich steht diese Erscheinung mit chemischen Veränderungen in Zusammenhang, die der Boden in starkem Ausmaß durch die Erhitzung, aber nur in geringem Umfang durch den Schwefelkohlenstoff erleidet. Der Schwefelkohlenstoff findet also in dem erhitzten Boden ganz andere Bedingungen vor als in natürlicher Erde. Sein Eingriff in das chemische Gefüge des Bodens kann daher in völlig neuen Bahnen verlaufen. Die Erwärmung stößt dagegen in natürlichem und CS_2-behandeltem Boden auf wenig veränderte Voraussetzungen, so daß der Effekt der kombinierten Behandlung in der Reihenfolge CS_2 – Hitze im wesentlichen die Summe der Einwirkung beider Faktoren auf den natürlichen Boden darstellen wird.

In der Tat kann die Wirkung von 5% CS_2 + Hitze im wesentlichen als die Summe der von beiden Mitteln vernichteten Antagonisten aufgefaßt werden. Diese kombinierte Behandlung begünstigt die Laufhyphen bei Anwendung relativ hoher Temperaturen kaum oder nicht stärker als die Erwärmung allein, da die hohe Temperatur bereits die Mehrzahl der Antagonisten beseitigt. Niedere Temperatur verschont dagegen eine Reihe hemmender Mikroben, die durch den Schwefelkohlenstoff vernichtet werden. Die kombinerte Behandlung fördert in diesem Fall daher — bei Anwendung relativ niedriger Temperaturen — stets viel stärker als ein Mittel allein (vgl. insbesondere Abb. 9).

Nach kombinierter Behandlung in der Reihenfolge Hitze + CS_2 entwickeln sich die Laufhyphen stets viel schlechter als bei Anwendung eines der beiden Mittel. Diese Erscheinung dürfte auf Überführung der durch die Hitze gebildeten Hemmungsstoffe in wirksamere Verteilung oder auf anderen durch den Schwefelkohlenstoff ausgelösten chemischen Reaktionen in dem erwärmten Boden beruhen.

7. Die zwei untersuchten sehr verschiedenen Bodentypen (Komposterde und Lößlehm) zeigen bei partieller Sterilisation im grundsätzlichen ein übereinstimmendes Verhalten. Reinfektion erhitzter Komposterde

mit Lößlehm läßt jedoch erkennen, daß der Hemmungszustand auf der Tätigkeit verschiedener Antagonisten beruht. Dagegen kann der Hemmungszustand erhitzter Komposterde durch Impfung mit Heidehumusboden wieder hergestellt werden, der selbst nur schwache infektionshemmende Eigenschaften besitzt. Die entwicklungshemmenden Potenzen der in ihm lebenden Antagonisten sind also durch irgendwelche Umstände lahmgelegt. Die Unmöglichkeit, der partiell sterilisierten Komposterde durch Impfung mit Lößlehm, der einen hohen Gehalt stark wirksamer Antagonisten besitzt, ihre infektionshemmenden Eigenschaften zurückzugeben, sowie die Tatsache, daß ein an sich schlecht schützender, also scheinbar an Antagonisten armer Boden wie der Heidehumus nach Zugabe zu partiell sterilisierter Komposterde die gleiche reinfizierende Kraft wie die unbehandelte Komposterde entwickelt, lassen die Schwierigkeiten erkennen, die einer biologischen Bekämpfung der Ophiobolose durch Impfung schlecht schützender Böden mit „Antagonisten" entgegenstehen. Eine Impfung mit „Antagonisten", die in einem künstlichen Nährmedium oder einer bestimmten Bodenart Hemmungsstoffe bilden, kann also völlig fehlschlagen. Umgekehrt kann die Zufuhr unter bestimmten Bedingungen wirkungsloser Mikroben eventuell von großem Wert sein. Nach unseren Erfahrungen kommt es bei der biologischen Bekämpfung der Ophiobolose anscheinend nicht so sehr auf die Zufuhr bestimmter Mikroben an. Wichtiger erscheint es, die Umweltbedingungen durch Zugabe bestimmter Stoffe so zu lenken (vgl. Tabelle 1), daß der fermentative Abbau der Mikroflora zur Bildung von Hemmungsstoffen führt, und die Antagonisten sich kräftig entwickeln. Eine Impfung wird sich in der Regel erübrigen, da die „Antagonisten", wenn auch in „maskierter Form", auch in schlecht schützenden Böden vorhanden zu sein scheinen. Allerdings ist auch hier zu berücksichtigen, daß der Einfluß eines bestimmten Stoffes auf die Entwicklung der Laufhyphen außerordentlich stark von der Art des Bodens abhängt.

8. Der begrenzende Faktor für die Entwicklung des Pilzes im natürlichen Boden ist vor allem in dem hemmenden Einfluß der Bodenmikroben zu suchen. Damit dürfte endgültig bewiesen sein, daß auch das unterschiedliche Auftreten der Ophiobolose auf verschiedenen Bodentypen mit bestimmten Eigenarten in der Zusammensetzung und Aktivität des Edaphons zusammenhängt.

9. Es werden einige Beobachtungen über den Einfluß der Rhizosphäre auf den Pilz mitgeteilt.

Schrifttum

Achromeiko, A. Der Einfluß des Pulverisierens und Trocknens des Bodens auf dessen Fruchtbarkeit. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, **11**, 65, 1928.

Adam, D. B. and Colqhoun, T. T. The spread of take-all through the soil. Journ. Austr. Inst. Agr. Sci., **11**, 172, 1936.

Allen, M. C. and Haenseler, C. M. Antagonistic action of *Trichoderma* on *Rhizoctonia* and other soil fungi. Phytopathology, **25**, 244, 1935.

Allison, R. V. A note on the protozoan fauna of the soils of the United States. Soil Sci., **18**, 339, 1924.

Asthana, R. P. Antagonism in fungi as a measure of control in "redleg" disease of lettuce. Proc. Indian Acad. Sci., **4**, 201, 1936. Ref.: R. a. M., **16**, 150, 1937.

du Boisson, J. P. The extraction and saturation of soils with volatile antiseptics. Soil Sci., **3**, 353, 1917.

Broadfoot, W. C. Does the wheat plant become more susceptible to the foot rotting fungi with increasing age. Ann. Rpt. Dominion Botanist, Dept. of Agric., Canada 1930.

Broadfoot, B. W. Studies on foot and root rot of wheat. II. Cultural relationships on solid media of certain micro-organisms in association with *Ophiobolus graminis*. Can. Journ. Res., **8**, 545, 1933.

Brömmelhues, Maria. Die wechselseitige Beeinflussung von Pilzen und die Bedeutung der Pilzkonkurrenz für das Ausmaß der Schädigung am Weizen durch *Ophiobolus graminis*. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **92**, 81, 1935.

Burgess, R. Contribution to the study of the effect of partial sterilisation of soil by heat. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **78**, 497, 1929.

Cholodny, D. Über eine neue Methode zur Untersuchung der Bodenmikroflora. Arch. Mikrobiologie, **1**, 620, 1930.

Cholodny, D. A soil chamber as a method for the microscopic study of the soil microflora. Arch. Mikrobiologie, **5**, 148, 1934.

Chudjakow, J. P. Die Wirkung der Bodenbakterien auf parasitische Pilze. Mikrobiol. Moskau, **5**, 193, 1936 (Russisch). Ref.: Forschungsdienst, **5**, 76, 1938.

Conn, H. J. and Bright, J. W. Ammonification of manure in soil. Journ. Agric. Res., **16**, 313, 1919.

Cunningham, A. Studies on soil protozoa. Journ. Agric. Sci., **7**, 49, 1915.

Cutler, D. W. A method for estimating the number of active protozoa in the soil Journ. Agric. Sci., **10**, 135, 1920.

Cutler, D. W. The action of protozoa on bacteria when inoculated in sterile soil. Ann. Appl. Biol., **10**, 137, 1923.

Cutler, D. W. and Bal, D. V. Influence of protozoa on the process of nitrogen fixation by *Azotobacter chroococcum*. Ann. Appl. Biol., **13**, 516, 1926.

Cutler, D. W. and Crump, L. M. Daily periodicity in the numbers of active soil flagellates: with a brief note on the relation of trophic amöbae and bacterial numbers. Ann Appl. Biol., **7**, 11, 1920.

Cutler, D. W. and Crump, L. M. Carbon dioxyde production in sand and soils in the presence and absence of amöbae. Ann. Appl. Biol.. **16**, 472, 1929.

Cutler, D. W., Crump, L. M. and Sandon, H. A quantitative investigation of the bacterial and protozoan population of the soil, with an account of the protozoan fauna. Phil. Transact. Roy. Soc., Ser. B, **211**, 317, 1922.

Daines, R. H. Antagonistic action of *Trichoderma* on *Actinomyces scabies*. Am. Potato Journ., **14**, 85, 1937. Ref.: R. a. M., **16**, 556, 1937.

Darbishire, F. V. and Russell, E. J. Oxidation in soils, and its relation to productiveness. Part. II. The influence of partial sterilisation. Journ. Agric. Sci., **2**, 305, 1907.

Demolon, A. and Boischot, P. Compt. Rend. Acad. Sci., **177**, 282, 1923. Zit. nach Waksman, 1932.

Dietrich, Th. Versuche über den Einfluß der Bodensterilisation auf das Wachstum der in dem sterilisierten Boden kultivierten Pflanzen. Jahresbericht der landwirtschaftlichen Versuchsstation Marburg 1901/2, S. 16.

van Eek, Th. Wortelrot van *Viola tricolor* L. max. hort. Diss., Amsterdam 1937.

Egorow. Russ. Journ. Landw., **91**, 1908. Zit. nach Koch, Centralbl. Bakt., Abt. 2, **31**, 175, 1912.

Elliot, J. S. B. The soil fungi of the Dovey salt marshes. Ann. Appl. Biol., **17**, 284, 1930.

Fahmy Khalil. The effect of drying on the microbiological processes in soils. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **79**, 93, 1929.

Fedorowa-Winogradawa, Th. Beiträge zur Frage der Wirkung der Bodenamöben auf das Wachstum und die Entwicklung des *Azotobacter chroococcum* unter Versuchsbedingungen auf sterilen Böden. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **74**, 14, 1928.

Fellows, H. The influence of oxygen and carbon dioxyde on the growth of *Ophiobolus graminis* in pure culture. Journ. Agr. Res., **37**, 349, 1928.

Fellows, H. The infestation of soil with *Ophiobolus graminis* and its subsequent increase and spread in the soil. Phytopathology, **27**, 956, 1937.

Fischer, G. Versuche über Bakterienwachstum in sterilisiertem Boden. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **22**, 671, 1909.

Frank, B. Über den Einfluß, welchen das Sterilisieren auf den Boden ausübt. Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft, **6**, 87. 1888.

Fred, E. B. Über die Beschleunigung der Lebenstätigkeit höherer und niederer Pflanzen durch kleine Giftmengen. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **31**, 185, 1912.

Fred, E. B. Relation of carbon bisulphide to soil organisms and plant growth. Journ. Agric. Res., 6, 1, 1916.

Gainey, P. L. The effect of toluol and carbon bisulphide upon the microflora and fauna of the soil. Mo. Bot. Gard. Ann. Rept., **23**, 147, 1912.

Garrett, S. D. Factors affecting the severity of take-all. Journ. Agric. South Austral., **37**, 664, 799, 976, 1934.

Garrett, S. D. Soil conditions and the take-all disease of wheat. Ann. Appl. Biol., **23**, 667, 1936.

Garrett, S. D. Soil conditions and the take-all disease of wheat. II. The relation between soil reaction and soil aeration. Ann. Appl. Biol., **24**, 747, 1937.

Garrett, S. D. Decomposition of the resting mycelium of *Ophiobolus graminis* in infected wheat stubble buried in the soil. Ann. Appl. Biol., **25**, 742. 1938.

Gedroiz. Versuche über den Einfluß der Sterilisation des Bodens auf den Wuchs der Pflanzen und auf den Boden selbst. Arb. Chem. Lab. in S. P. B., **6**, 805. Zit. nach Achromeiko, 1928.

Gedroiz. Wechsel der Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit des Bodens unter Einfluß natürlicher Bedingungen und beim Aufbewahren des Bodens in lufttrocknem Zustand. Arb. Chem. Lab. in S. P. B, **8**, 145. Zit nach Achromeiko, 1928.

Goodey, T. Investigations on protozoa in relation to the factor limiting bacterial activity in soil. Proc. Roy. Soc. B., **88**, 437, 1915.

Goodey, T. Further observations on protozoa in relation to soil bacteria. Proc. Roy Soc. B., **89**, 297, 1916.

Gray, P. H. H. and Thornton, H. G. Soil bacteria that decompose certain aromatic compounds. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **73**, 74, 1928.

Greaney, F. J. and Machacek, J. E. Studies on the control of root-rot disease of cereals caused by *Fusarium culmorum* and *Helminthosporium sativum.* II. Pathogenicity of *Helminthosporium sativum* as influenced by *Cephalothecium roseum* Corda in greenhouse pot tests. Scientific Agric., **15**, 377, 1935.

Greig-Smith, R. The bacteriotoxins and the agricere of soils. Centralbl. Bakt., Abt. 2. **30**, 154, 1911.

Greig-Smith, R. The inactivity of soil protozoa. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, **37**, 655, 1912.

Greig-Smith, R. Contributions to our knowledge of soil-fertility. No. XIII. The toxicity of soils. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, **40**, 631, 1915 a.

Greig-Smith. R. Contributions to our knowledge of soil fertility. No. XIV. The stimulative action of chloroform retained by the soil. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, **40**, 724, 1915 b.

Gustafson, A. F. Drying of soil as one of the natural factors in maintaining soil fertility. Soil Science, **13**, 173, 1922.

Hartley, C. Damping-off in forest nurseries. U.S.Dept. Agric. Prof. Paper Bull. 934. 1921.

Hasenbäumer, J., Coppenrath, E. und König, J. Einige neue Eigenschaften des Ackerbodens. Landw. Versuchsstat., **63**, 471, 1906.

Heintze, B. Einige weitere Mitteilungen über den Schwefelkohlenstoff und die CS_2-Behandlung des Bodens. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **18**, 246, 1907.

Henry, A. W. The natural microflora of the soil in relation to the footrot problem in wheat. Can. Journ. Res., **4**, 69, 1931.

Henry, A. W. Influence of soil temperature and soil sterilisation on the reaction of wheat seedlings on *Ophiobolus graminis.* Can. Journ. Res., **7**, 198, 1932.

Hills, T. H. The relation of protozoa to certain groups of soil bacteria. Journ. Bact., **1**, 423, 1916.

Hiltner, L. und Peters, L. Untersuchungen über die Keimlingskrankheiten der Zucker- und Runkelrüben. Arb. Biol. Reichsanstalt, **4**, 207, 1905.

Hiltner, L. und Störmer, K. Studien über die Bakterienflora des Ackerbodens, mit besonderer Berücksichtigung ihres Verhaltens nach einer Behandlung mit Schwefelkohlenstoff und Brache. Arb. Biol. Reichsanstalt, **3**, 445, 1903.

Hoffmann, W. Untersuchungen über die Lebensdauer von Typhusbazillen im Aquariumwasser. Arch. Hyg. **52**, 208, 1905.

Huntemüller, C. Vernichtung von Bakterien im Wasser durch Protozoen. Arch. Hyg., **54**, 89, 1905.

Hutchinson, H. B. and Thaysen, A. C. The non-persistence of bacterio-toxins in the soil. Journ. Agric. Sci., **9**, 43, 1918.

Jacobs, St. E. The influence of antiseptics on the bacterial and protozoan population of greenhouse soils. Ann. Appl. Biol., **18**, 98, 1931.

Katser, A. Ein Beitrag zur Anwendung des Antagonismus als biologische Bekämpfungsmethode unter besonderer Berücksichtigung der Gattungen *Trichoderma* und *Phytophthora.* Boll. R. Staz. Path. Veget., **18**, 195, 1938.

Katser, A. Ein Beitrag zur Anwendung des Antagonismus als biologische Bekämpfungsmethode unter besonderer Berücksichtigung der Gattungen *Trichoderma* und *Phytophthora.* Boll. della R. Staz. d. path. Veget.. **18**, 221, 1938.

Keizo Hirai and Iwao Hino. Studies on soil protozoa. I. Influence of soil protozoa and nitrogen fixation of *Azotobacter*. Journ. Agr. Chem., **2**, 639, 1926.

Kelley, W. P. and McGeorge, W. The effect of heat on Hawaiian soils. Hawaii Agr. Exp. Sta. Bul., **30**, 1913.

Kelley, W. P. Ammonification and Nitrification in Hawaiian soils. Hawaiian Agric. Exp. Sta. Bull., **37**, 1915.

Klaus, H. Das Problem der Bodenmüdigkeit unter Berücksichtigung des Obstbaues. Landw. Jahrbücher, **89**, 413, 1939.

Koch, A. Untersuchungen über die Ursachen der Rebenmüdigkeit mit besonderer Berücksichtigung der Schwefelkohlenstoffbehandlung. Arb. Deutsch. Landw. Ges., **40**, **44**, 1899.

Koch, A. Über die Wirkung von Äther und Schwefelkohlenstoff auf höhere und niedere Pflanzen. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **31**, 175, 1912.

Koch, G. P. The effect of sterilization of soils by heat and antiseptics upon the concentration of the soil solution. Soil Sci., **3**, 525, 1917.

Koch, G. P. Activity of soil protozoa. Journ. Agric. Res., **5**, 477, 1915.

Koch, G. P Studies on the activity of soil protozoa. Soil Sci., **2**, 163, 1916.

Koffmann, M. Die Mikrofauna des Bodens, ihr Verhältnis zu anderen Mikroorganismen und ihre Rolle bei den mikrobiologischen Vorgängen im Boden. Archiv für Mikrobiol., **5**, 246, 1934.

König, J., Hasenbäumer, J. und Großmann, G. Das Verhalten der organischen Substanz des Bodens und der osmotische Druck derselben. Landw. Versuchsstationen, **69**, 1, 1908.

Kopeloff, N. and Coleman, P. W. A review of investigations in soil protozoa and soil sterilisation. Soil Sci., **3**, 197, 1917.

Kosaroff, P. Beitrag zur Biologie von *Pyronema confluens* Tul. Arb. Kais. Gesundheitsamt Biol. Abt., **5**, 126, 1907.

Krüger, W. und Schneidewind, W. Ursache und Bedeutung der Salpeterzersetzung im Boden. Landw. Jahrbücher, **28**, 217, 1899.

Lebedjantzev, A. N. Der Einfluß des Trocknens des Bodens auf seine Fruchtbarkeit. Berichte der Schatilowschen Landw. Stat., Nr. 2, 1921. Zit. nach Achromeiko, 1928.

Lebedjantzev, A. N. The effect of drying soils on the watersoluble constituents. Soil Sci., **18**, 419, 1924.

Lebedjantzev, A. N. Der Einfluß des Trocknens des Bodens auf dessen Fruchtbarkeit. Journ. Landw. Wiss., **4**, 1926. Zit. nach Achromeiko, 1928.

Lembke, A. Die Hitzewiderstandsfähigkeit der Colibakterien und die Verwendbarkeit dieser Eigenschaft als Vergleichsmaßstab für die Beurteilung von Milcherhitzern. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **96**, 92, 1937.

Lundblad, K. Svensk. Mosskult. Tidskr., **44**. Zit. nach Waksman, 1932.

van Luyk, A. Antagonism between various microorganisms and different species of the genus *Pythium*, parasitizing upon grasses and lucerne. "Willie Commelin Scholten", Baarn, Deel **14**, 43, 1938.

Lyon, T. L. and Bizell, J. A. The effect of steam sterilization on the water soluble matter in soils. N. Y. (Cornell) Agr. Exp. Stat. Bull., **275**, 1910.

Lyon, T. L. and Bizzell, J. A. Water soluble matter in soils sterilized and reinoculated. N. Y. (Cornell) Agr. Exp. Stat. Bull., **326**, 1913.

Martin, C. H. and Lewin, K. R. Some notes on soil protozoa. Phil. Transact. Roy. Soc., Ser. B, **205**, 77, 1914.

Martin, C. H. and Lewin, K. R. Notes on some methods for examination of soil protozoa. Journ. Agric. Sci., **7**, 106, 1915.

Matthews, A. Partial sterilization of soil by antiseptics. Journ. Agric. Sci., **14**, 1, 1923.

Meiklejohn, J. The relation between the numbers of a soil bacterium and the ammonia produced by it in peptone solutions; with some reference to the effect on this process of the presence of amöbae. Ann. Appl. Biol., **17**, 614, 1930.

Meiklejohn, J. The effect of *Colpidium colpoda* on ammonia production by soil bacteria. Ann. Appl. Biol., **19**, 584, 1932.

Millard, W. A. Antagonism of microorganisms as the controlling factor in the inhibition of scab by green manuring. Ann. Appl. Biol., **14**, 202, 1927.

Moore, G. T. Microorganisms in the soil. Science N. S., **36**, 609, 1912.

Moritz, J. und Scherpe, R. Über die Bodenbehandlung mit Schwefelkohlenstoff und ihre Einwirkung auf das Pflanzenwachstum. Arb. Biol. Reichsanstalt, **4**, 123, 1905.

Moritz, O. Weitere Studien über die Ophiobolose des Weizens. Arb. Biol. Reichsanstalt, **20**, 27, 1932.

Müller-Kögler, E. Untersuchungen über die Schwarzbeinigkeit des Getreides und den Wirtspflanzenkreis ihres Erregers. Arb. Biol. Reichsanstalt, **22**, 271, 1938.

Nasir, S. M. Some preliminary investigations on the relationships of protozoa to soil fertility with special reference to the nitrogen fixation. Ann. Appl. Biol., **10**, 122, 1923.

Nowogrudskij, D. M. Über *Pyronema confluens* Tul. und sein Verhalten zu den Mikroorganismen des Bodens. Bul. ispyt. prirody, Moskau, **45**, 384, 1936. Ref.: Forschungsdienst, **3**, 160, 1937.

Osmun, A. V. A comparison of the numbers of bacteria in sterilized and unsterilized soils. Mass. Agr. Exp. Sta. Rpt., 1905, 146, 1906.

Padwick, G. W. Influence of wild and cultivated plants on the multiplication, survival and spread of cereal foot-rotting fungi in the soil. Can. Journ. Res., **12**, 575, 1935.

Peterson, P. P. The effect of heat and oxidation on the phosphorous of the soil. Wis. Res. Bul., **19**, 1912.

Pfeiffer, T. und Franke, E. Beitrag zur Frage der Verwertung elementaren Stickstoffs durch den Senf. Landw. Vers. Stat., **46**, 117, 1896.

Pickering, S. U. The action of heat and antiseptics on soils. Journ. Agric. Sci., **3**, 32, 1908 a.

Pickering, S. U. Studies on germination and plant growth. Journ. Agric. Sci., **2**, 411, 1908 b.

Pickering, S. U. Studies on the changes occurring in heated soils. Journ. Agric. Sci., **3**, 258, 1910 a.

Pickering, S. U. Plant growth in heated soils. Journ. Agric. Sci., **3**, 276, 1910 b.

Rademacher, B. Gründüngung und Zwischenfruchtbau als Pflanzenschutz. Mitt. f. d. Landw., **49**, 635, 1934.

Rahn, O. Bakteriologische Untersuchungen über das Trocknen des Bodens. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **20**, 38, 1907.

Richter, L. Über Veränderungen, welche der Boden durch das Sterilisieren erleidet. Landw. Vers. Stat., **47**, 269, 1896.

Ritter, G. A. Das Trocknen des Bodens. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **33**, 116, 1912.

Robinson, W. The conditions of growth and development of *Pyronema confluens* Tul. *(P. omphaloides* (Bull.) Fuckel). Ann. Bot., **40**, 245, 1926.

Russel, E. J. and Hutchinson, H. B. The effect of partial sterilisation of soil on the production of plant food. Journ. Agric. Sci., **3**, 111, 1909.

Russel, E. J. and Hutchinson, H. B. The effect of partial sterilisation on the production of plant food. II. The limitation of bacterial numbers in normal soils and its consequences. Journ. Agric. Sci., **5**, 113, 1913.

Sanford, G. B. Some factors affecting the pathogenicity of *Actinomyces scabies*. Phytopathology, **16**, 525, 1926.

Sanford, G. B. and Broadfoot, W. C. Studies of the effects of other soil-inhabiting micro-organisms on the virulence of *Ophiobolus graminis*. Scientific Agriculture, **11**, 512, 1931.

Sattler, W. Absterbegeschwindigkeit, Wärmebeschleunigung und Resistenzwechselpunkt einiger wichtiger Bakterien. Milchw. Forschungen, **7**, 100, 1929.

Scherpe, R. Über den Einfluß des Schwefelkohlenstoffs auf die Stickstoffumsetzungen im Boden. Arb. Biol. Reichsanstalt, **7**, 353, 1910.

Schmoeger, M. Über den Phosphor im Moorboden. Ber. Deutsch. Chem. Ges., **26**, 386, 1893.

Schreiner, O. and Lathrop, E. C. The chemistry of steam-heated soil. U. S. Dept. Agric. Bur. Soils, Bul. **89**, 1912.

Schreiner, O. and Reed, H. S. Some factors influencing soil fertility. U. S. Dept. Agric. Bur. Soils, Bul. **40**, 1907.

Schreiner, O. and Reed, H. S. Certain organic constituents of the soils in relation to soil fertility. U. S. Dept. Agric. Bur. Soils, Bul. **47**, 1907.

Schulze, C. Einige Beobachtungen über die Einwirkung der Bodensterilisation auf die Entwicklung der Pflanzen. Landw. Vers. Stat., **65**, 137, 1907.

Seaver, F. S. and Clark, E. D. Biochemical studies on soils subjected to dry heat. Biochem. Bull, **1**, 413, 1912.

Sen Gupta, N. N. Dephenolisation in soils. Journ. Agric. Sci., **11**, 136, 1921.

Sherman, J. M. The number and growth of protozoa in soil. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **41**, 625, 1914

Sherman, J. M. Studies on soil protozoa and their relation to the bacterial flora. I. Journ. Bact., 1, 35, 1916.

Sherman, J. M. Studies on soil protozoa and their relation to the bacterial flora. II. Journ. Bact., **1**, 165, 1916.

Skinner, C. E. The effect of protozoa and fungi on certain biochemical processes when inoculated into partially sterilised soil. Soil Sci., **24**, 149, 1926.

Starkey, R. L. Some observations on the decomposition of organic matter in the soils, Soil Sci., **17**, 293, 1924.

Stille, B. Untersuchungen über die Bedeutung der Rhizosphäre. Arch. Mikrobiologie. **9**, 477, 1938.

Störmer, K. Über die Wirkung des Schwefelkohlenstoffs und ähnlicher Stoffe auf den Boden. Jahresber. Vereinig. Angew. Bot., **5**, 113, 1907.

van Suchtelen, F. H. H. Über die Messung der Lebenstätigkeit der aerobiotischen Bakterien im Boden durch die CO_2-Produktion. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **28**, 45, 1910.

Tattersfield, F. The decomposition of naphthalene in the soil and the effect upon its insecticidal action. Ann. Appl. Biol., **15**, 57, 1927.

de Telegdy-Kovats, L. Mesterséges zeolitok hatasa *Azotobacter* tenyészetekre. Kisérl. Közl., **30**, 52, 1927.

de Telegdy-Kovats, L. Kisérleti tapasztalatok a talajprotozoák biológiai tevénkenységéröl. Kisérl. Közl, **31**, 223, 1928.

de Telegdy-Kovats, L. The growth and respiration of bacteria in sand cultures in the presence and absence of protozoa Ann. Appl. Biol., **19**, 65, 1932.

Tims, E. C. An actinomycete antagonistic to a *Pythium* root parasite of sugar cane. Phytopathology, **22**, 27, 1932.

Tousson, W. O. Naphthalin als Kohlenstoffquelle für Bakterien. Zeitschr. wiss. Biol., Abt. E., **4**, 214, 1927.

Waksman, S. A. Studies on soil protozoa. Soil Sci., **1**, 135, 1916a.

Waksman, S. A. Protozoa as affecting bacterial activities in the soil. Soil Sci., **2**, 363, 1916 b.

Waksman, S A. Principles of soil microbiology. Baltimore 1932, Williams & Wilkins Comp.

Waksman, S. A. Associative and antagonistic effects of microorganisms. I. Historial review of antagonistic relationships. Soil Sci., **43**, 51, 1937.

Waksman, S. A. and Starkey, R. L. Partial sterilization of soil, microbiological activities and soil fertility. I. Soil Sci., **16**, 137, 1923 a.

Waksman, S. A. and Starkey, R. L. Partial sterilization of soil, microbiological activities and soil fertility. II. Soil Sci., **16**, 247, 1923 b.

Waksman, S. A. and Starkey, R. L. Partial sterilisation of soil microbiological activities and soil fertility. III. Soil Sci., **16**, 343, 1923 c.

Waksman, S. A. and Starkey, R. L. Microbiological analysis of soil as an index of soil fertility. VII, carbon dioxyde evolution. Soil Sci., **17**, 141, 1924.

Waksman, S. A. and Starkey, R. L. Influence of organic matter upon development of fungi, actinomycetes and bacteria in soil. Soil Sci., **17**, 373, 1924.

Weindling, R. *Trichoderma lignorum* as a parasite of other soil fungi. Phytopathology, **22**, 837, 1932.

Weindling, R. Some factors influencing the character of interaction between *Trichoderma* and other soil fungi. Phytopathology, **24**, 1140, 1934 a.

Weindling, R. Various fungi recently found to be parasitic on *Rhizoctonia solani*. Phytopathology, **24**, 1141, 1934 b.

Weindling, R. Studies on the lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. Phytopathology, **24**, 1153, 1934 c.

Weindling, R. and Emerson, O. H. The isolation of a toxic substance from the culture filtrate of *Trichoderma*. Phytopathology, **26**, 1068, 1936.

Weindling, R. and Fawcett, H. S. Experiments in biological control of *Rhizoctonia* damping-off. Phytopathology, **24**, 1142, 1934.

Winter, G. Zur Frage der Bedeutung biologischer und edaphischer Faktoren für das Auftreten der Ophiobolose des Weizens. Zeitschr. Pflanzenkr., **47**, 369, 1937.

Winter, G. Neue Gesichtspunkte bei der Erforschung von Fußkrankheiten des Getreides. Fortschritte landwirtschaftlich-chem. Forschung 1937. Vorträge und Berichte der Tagung der deutschen Landwirtschaftschemie in Frankfurt am Main 1938, S. 243.

Winter, G. Der Einfluß der physikalischen Bodenstruktur auf den Infektionsverlauf bei der Ophiobolose des Weizens. Zeitschr. Pflanzenkr., **49**, 513, 1939 a.

Winter, G. Untersuchungen über den Einfluß biotischer Faktoren auf die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis*. Zeitschr. Pflanzenkr., **50**, 113, 1939 b.

Winter, G. Die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis* als Funktion der Bodenfeuchtigkeit. Zeitschr. Pflanzenkr., **50**, 326, 1939 c.

Winter, G. Die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis* als Funktion der Temperatur. Zeitschr. Pflanzenkr., **50**, 444, 1939 d.

Winter, G. Weitere Untersuchungen über den Einfluß der Bodenstruktur auf die Infektion des Weizens durch *Ophiobolus graminis*. Centralbl. Bakt., Abt. 2, **101**, 364, 1940.

Zur Methodik der laboratoriumsmäßigen Prüfung von Beizmitteln

Von

Gustav Gaßner

Mit 4 Abbildungen

Die laboratoriumsmäßige Bestimmung der Beizwirkung auf Steinbrandsporen muß je nach den in Frage stehenden Beizverfahren verschieden gewählt werden. Während es bei der Tauchbeize möglich ist, die Sporen für sich zu beizen und ohne Rücksicht auf gleichzeitig vorhandene Weizenkörner auf Keimverhalten zu prüfen, ergibt sich für die anderen Beizverfahren, bei denen wir teilweise oder ausschließlich mit einer sekundären Beizwirkung (Gaßner, 2) rechnen müssen, die Notwendigkeit, mit Sporen bestäubten Weizen zu beizen und die Keimung der mit den Weizenkörnern in den Boden gebrachten Sporen zu kontrollieren. Dies gilt vor allem für die Prüfung von Trockenbeizmitteln, aber auch für die Benetzungs- und Kurzbeize lassen sich nur dann richtige Keimwerte der Sporen erwarten, wenn die laboratoriumsmäßige Prüfung der Sporenkeimung ausreichend den bei der Aussaat im Felde vorliegenden Verhältnissen angepaßt ist.

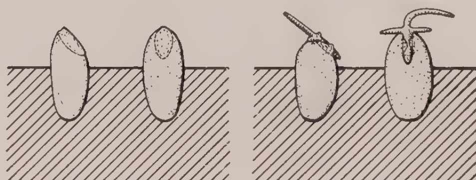


Abb. 1
Schematische Darstellung der Prüfungsmethodik
Links: Einstecken der gebeizten Weizenkörner in den geschlämmten Boden
Rechts: Allmähliche Keimung der Weizenkörner

Bei der von Kühl (3) als „Braunschweiger Methode“ bezeichneten Untersuchungsart (Rabien 6, Esdorn 1) werden gebeizte Weizenkörner in Erde ausgelegt und dem Keimbett nach geeigneter Zeit zur Prüfung auf Sporenkeimung entnommen. Hierzu werden die Körner nach vorsichtigem Entfernen der anhaftenden Erde in einem Wassertropfen auf dem Objektträger abgespült und das Vorliegen von Sporenkeimungen, insbesondere das Vorhandensein von Kranzkörperchen mikroskopisch festgestellt.

Am meisten verbreitet ist heute wohl die 1927 von Winkelmann (8) vorgeschlagene Methode, die eine wesentliche Verbesserung des 1925 von Pichler (5) angegebenen Verfahrens darstellt. Nach Winkelmann

werden die gebeizten Körner auf die Oberfläche eines mit Erde gefüllten Holzkästchens ausgelegt und leicht eingedrückt; auf dieses Kästchen kommt ein zweites, ebenfalls mit Erde gefülltes Holzkästchen, dessen Boden jedoch aus Gaze gebildet ist. Zur Ablesung wird das obere Kästchen entfernt. Die Prüfung auf Sporenkeimung erfolgt nicht an den Körnern, sondern nach deren Entnahme an den durch das Eindrücken der Körner in den Erdboden geschaffenen Bodenvertiefungen, die einen großen Teil der an den Körnern vorhanden gewesenen Sporen enthalten.

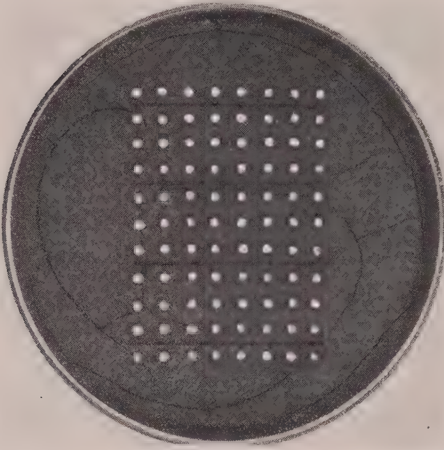


Abb. 2
Größere Schale mit Erdaufschlämmung und eingesteckten Weizenkörnern: 9 Versuchsreihen + 2 Kontrollreihen

Diese Ablesungsart ist wesentlich einfacher und sicherer als das von Pichler (5) angegebene Verfahren, bei dem das Keimverhalten der den Körnern noch anhaftenden Sporen untersucht wird. Gleichzeitig mit Winkelmann hatte Nagel (4) ebenfalls die Prüfung der Sporenkeimung an Bodenabdrücken der Körner vorgeschlagen; Nagel benutzte geschlämmte Feinerde, in welche die gebeizten Körner teils mit dem Rücken, teils mit der Bauchseite nach unten etwa bis zur halben Korndicke eingedrückt wurden. Während aber Winkelmann die eingedrückten Körner im Erdboden beläßt, entfernt Nagel sie sofort wieder und schafft dadurch eine offensichtliche Fehlerquelle, da nunmehr der Einfluß der dem Korn unmittelbar anhaftenden oder von diesem adsorbierten Beizsubstanzen nicht zur Auswirkung kommen kann.

Die von Nagel vorgeschlagene Untersuchungsmethode gestattet in der Tat nicht, die Weizenkörner ausreichend lange in den flachen Bodenvertiefungen zu belassen, da die sich bildenden Wurzeln das Korn bald emporheben würden. Dieser Übel-

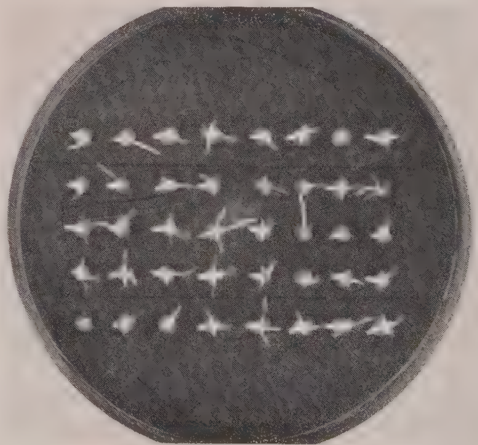


Abb. 3
Petrischale mit Erdaufschlämmung und eingesteckten Weizenkörnern. Keimungszustand der Körner zur Zeit ihrer Herausnahme aus dem geschlämmten Boden

stand läßt sich wohl leicht durch vorheriges Abtöten der Körner beheben. Wie jedoch schon J. Esdorn (1) ausführte, hat die Verwendung abgetöteten Saatgutes leicht störende Schimmelbildung zur Folge; dieser Nachteil hat seinerzeit auch Winkelmann (9) veranlaßt, von der zuerst vorgeschlagenen Verwendung abgetöteter Weizenkörner wieder abzugehen.

Nagel betont mit Recht, daß geschlämmte Erde ein besonders geeignetes Keimmedium für Steinbrandsporen darstellt, das besonders sichere

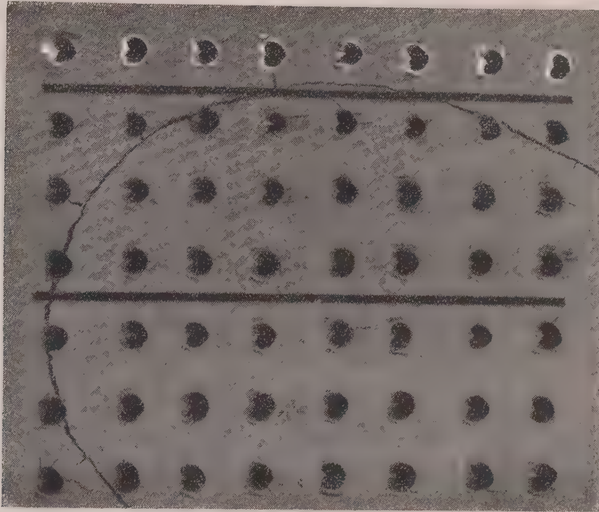


Abb. 4
Sporenkeimung am Versuchsschluß
Von oben nach unten:

1. Kontrollreihe: volle Sporenkeimung
2. Trockenbeize A: 50 g je 100 Kilogramm Weizen: schwache Keimung
3. „ 100 g je 100 „ „ Spur Keimung
4. „ 200 g je 100 „ „ keine Keimung
5. Trockenbeize B: 50 g je 100 „ „ Spur Keimung
6. „ 100 g je 100 „ „ keine Keimung
7. „ 200 g je 100 „ „ keine Keimung.

Ablesungen gestattet. Weiter ist anzuerkennen, daß das bloße Eindrücken der gebeizten Körner in den Keimboden ohne erneutes Bedecken mit Erde die Versuchsdurchführung wesentlich erleichtert. Aus diesen Gründen ist bei der im folgenden beschriebenen Methode sowohl die Verwendung von geschlämmter Erde wie das Eindrücken der Körner ohne erneutes Bedecken mit Erde beibehalten und nur durch Änderung der Methodik dafür gesorgt, daß die Körner ausreichend lange im Boden bleiben, so daß die im obigen gegen die Methode Nagel erhobenen Bedenken in Fortfall kommen.

Das Eindrücken der Körner in die geschlämmte Feinerde wird nach dem folgenden Vorschlag so vorgenommen, daß die Körner mit der

Spitze nach unten so in den Boden gesteckt werden, daß die den Embryo tragende Kornhälfte frei in der Luft steht (Abb. 1). Durch diese Anordnung wird erreicht, daß die Berührung des im Boden steckenden Kornteils mit der geschlämmten Erde von Anfang an und dauernd besonders innig ist, während gleichzeitig der die Versuchsdurchführung störende Keimungsprozeß des Kornes verlangsamt wird. Denn die zur Keimung nötige Wasseraufnahme des Kornes erfolgt, wie wir wissen (Schroeder, 7, u. a.) nicht durch die gesamte Kornoberfläche, sondern nur durch den Embryo; dieser aber steht nicht in Verbindung mit der feuchten Erde, sondern kann Wasser nur aus der feuchten Luft der geschlossen gehaltenen Petrischalen aufnehmen, was naturgemäß nur langsamer vor sich geht. Die Körner können also ausreichend lange im Erdboden verbleiben, bevor Keimblatt und Würzelchen eine störende Länge erreichen (Abb. 1, rechts). Erst wenn Keimblatt und Wurzeln die Bodenoberfläche berühren, müssen die Körner entfernt werden. Dies ist bei

Tabelle 1

Kurzbeize, 3 Liter auf 100 kg

Beizmittel	Konzentration %	Sporenkeimung	Brandprozente im Feldversuch
Abavit	0,5	+	2,9
	1	0	0
	2	0	0
Bigriol	0,5	+++	17,8
	1	++	5,9
	2	0 bis +	0,8
Ceresan	0,5	+ bis ++	4,3
	1	0 bis +	2,3
	2	0	0
Fusariol	0,5	0 bis +	1,9
	1	0	0
	2	0	0
Germisan.	0,5	++	4,5
	1	+	0,9
	2	0	0
Higosan	0,5	++	6,1
	1	0 bis +	2,2
	2	0	0,4
Selektol	0,5	++	8,3
	1	0 bis+	2,1
	2	0	0
Tillantin	0,5	+++ bis ++++	35,4
	1	++ bis +++	11,9
	2	+ bis ++	6,1
Unbehandelt	—	++++	64,7

Tabelle 2
Trockenbeize

Beizmittel	Aufwandmenge auf 100 kg Weizen	Sporenkeimung	Brandprozente im Feldversuch
Abavit Neu	100 g 200 g	+ bis ++ 0+	4,2 0
Antimalurin	100 g 200 g	++ 0 bis +	11,2 8,7
Ceresan	100 g 150 g 200 g	fast ++ + 0 bis +	4,2 2,0 0,7
Desterol	100 g 200 g	+++ +++	38,6 32,9
Germisan	100 g 150 g 200 g	0 bis + 0 bis + 0	0,3 1,1 0
Obilan	100 g 200 g	++ +	21,2 10,3
Panogen (Ölbeize)	100 ccm 200 ccm	0 0	0,9 0
Porzol	100 g 200 g	++ +	19,9 7,7
Tillantin	100 g 200 g	++ 0 bis +	5,6 0
Unbehandelt	—	++++	53,2

den am meisten empfehlenswerten Temperaturen von 10 bis 12° C nach 5—6 Tagen der Fall: bereits nach weiteren 2—3 Tagen ist der Sporenkeimungsprozeß beendet, so daß der Versuch abgelesen und abgeschlossen werden kann. Die durch vorher nicht gebeizte Körner erhaltenen Vertiefungen (Kontrollen) zeigen zu dieser Zeit einen geschlossenen, leuchtend weißen Polsterbelag (++++): bei wirksam gebeizten Körnern liegen in den Erdvertiefungen keine (0), bei unzureichend gebeizten Körnern alle Übergänge zwischen den beiden eben erwähnten Extremen vor (Keimgrade +++, ++, +, 0 bis +, 0+), wobei 0 bis + vereinzelte, 0+ nur eine oder einige wenige gekeimte Sporen in den Vertiefungen von 8 Körnern bedeuten.

Abb. 2 zeigt eine mit gebeizten Körnern beschickte Schale unmittelbar nach dem Eindrücken der Körner, Abb. 3 eine kleinere Schale mit angekeimten Weizenkörnern des Stadiums, in dem das Entfernen der Körner aus dem Keimboden vorgenommen wird. In Abb. 4 lassen die Vertiefungen der ungebeizten Kontrollkörner (obere Reihe) volle, die der gebeizten Körner nur schwache (zweite und dritte Reihe von oben) oder gar keine Keimung

(vierte bis siebente Reihe) erkennen. Das photographische Bild gibt im übrigen die tatsächlichen Unterschiede nur unvollkommen wieder, weil die Tiefe der Löcher ungenügend ausgeleuchtet ist.

Von technischen Einzelheiten sei noch folgendes erwähnt. Die zu den Versuchen bestimmten Weizenkörner werden zweckmäßig mit 5—6 g Steinbrandsporen je Kilogramm Saatgut bestäubt. Die Beizung selbst erfolgt in üblicher Weise; im Kurzbeizverfahren und mit Trockenbeize behandelte Körner können sofort, im Benetzungsverfahren gebeizte erst nach Rücktrocknung ausgelegt werden. Liegt der Wunsch vor, im Tauchverfahren gebeizte Körner ebenfalls nach der vorstehenden Methode zu prüfen, müssen Körner und Sporen auf einem Filter aufgefangen und die am Filter haftenden Sporen nach Trocknen wieder den Körnern zugefügt werden.

Die Bereitung der geschlämmten Erde erfolgt in üblicher Weise (siehe z. B. Nagel, 4, S. 430). Wichtig ist, daß das Trocknen nicht bei hohen Temperaturen, sondern nur bei Zimmertemperatur vorgenommen werden darf. Eine wesentliche Beschleunigung des Trocknungsprozesses läßt sich dadurch erreichen, daß die ausgegossenen Schalen in den Luftstrom eines Ventilators gestellt werden.

Das Einstecken der Körner in den Boden erfolgt mittels Pinzette; ausgelegt werden je Beizversuch 8 Körner. Bei großen Schalen (20 cm Durchmesser) können je Schale bequem 12 Versuche zur Prüfung angesetzt werden. Unbedingt notwendig ist das Einlegen je einer Reihe mit ungebeizten Körnern in jeder einzelnen Schale, um die richtige Einstellung des Feuchtigkeitsgrades der geschlämmten Erde und die Innehaltung optimaler Keimbedingungen der Sporen zu kontrollieren; Schalen, in denen die Kontrollreihe nicht normal gekeimt ist, sind auszuschalten.

Zur Aufstellung der Schalen eignen sich am besten Temperaturen von 10—12° C; bei Zimmertemperatur läßt die Keimung oft zu wünschen übrig; auch treten hier leichter störende Pilze auf. Die Versuchsdauer beträgt bei 10—12° C 8—9 Tage.

Die Ablesungen erfolgen am besten mittels Binokulars mit aufgesteckter Beleuchtungsapparatur, die auch die Tiefen der Löcher voll ausleuchtet; jedoch gibt auch Lupenbetrachtung bei geeignet starker Vergrößerung zuverlässige Werte.

Die zum Nachweis der Brauchbarkeit der vorgeschlagenen Methode durchgeführten vergleichenden Feldversuche, die mit dem gleichen laboratoriumsmäßig geprüften Material angesetzt wurden, ergaben volle Übereinstimmung von Feld- und Laboratoriumsergebnissen; die vorstehend mitgeteilten Tabellen 1 und 2 enthalten einen Teil dieser Versuche und zeigen, daß die Bestimmung der Beizwirkung durch die vorstehend angegebene Methode einwandfrei ist.

Zusammenfassung

Es wird für die Prüfung der Beizwirkung auf den Steinbrand ein Verfahren vorgeschlagen, bei dem die mit Sporen bestäubten und gebeizten Körner mit dem Embryo nach oben in geschlämmte Erde gesteckt und hier bis zum Ablauf der Keimung belassen werden. Nach Entfernen der Körner und 2—3 tägigem weiteren Stehen zeigen die entstandenen Vertiefungen durch Ausbleiben oder Abschwächen der Sporenkeimung den Grad der Beizwirkung an. Die erhaltenen Befunde entsprechen den Ergebnissen gleichzeitig durchgeführter Feldversuche.

Schrifttum

1 Esdorn, J. Die Feststellung der Wirkung von Trockenbeizmitteln im Laboratoriumsversuch. Angewandte Botanik, **10**, 1938, S. 178—186.

2 Gaßner, G. Über primäre und sekundäre Beizwirkung. Angewandte Botanik, **9**, 1927, S. 66—76.

3 Kühl, R. Beiträge zur Frage des Keimverhaltens der Steinbrandsporen nach Anwendung verschiedener Mengen von Trockenbeizmitteln. Angewandte Botanik, **12**, 1930, S. 162—169.

4 Nagel, W. Das Schnell-Beizverfahren. Angewandte Botanik, **9**, 1927, S. 420—451.

5 Pichler, Friedrich. Eine Methode zur Überprüfung von Trocken-(Staub-) Beizmitteln im Laboratorium. Chemiker-Zeitung, 1925, S. 879.

6 Rabien, H. Über Keimungs- und Infektionsbedingungen von *Tilletia tritici*, Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt, **15**, 1927, S. 297—353.

7 Schroeder, H. Über die selektiv permeable Hülle des Weizenkornes. Flora, N. F., **2**, 1911, S. 186—208.

8 Winkelmann, A. Methode zur Prüfung von Trockenbeizmitteln im Laboratorium. Nachrichtenblatt für den deutschen Pflanzenschutzdienst, 1927, S. 20.

9 Winkelmann, A. Zu dem Vortrag von J. Esdorn „Die Feststellung der Wirkung von Trockenbeizmitteln im Laboratorium". Angewandte Botanik, **10**, 1928, S. 305—307.

Aus dem Institut für spezielle Botanik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
Direktor: Prof. Dr. E. Gäumann

Untersuchungen über die Gattung *Hysterographium* Corda, insbesondere über *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not.

Von

Hans Zogg.

Mit 47 Abbildungen im Text und 2 Tafeln

Einleitung

Die Eschenkrankheit, hervorgerufen durch *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. und zum ersten Mal von Rostrup (1883; 1902) als solche erkannt, ist häufig anzutreffen und kann unter gewissen Umständen Epidemien auslösen. Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden Biologie,

Pathologie und Entwicklungsgeschichte von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. erörtert. Der zweite Teil besteht aus Untersuchungen über die Systematik der Gattung *Hysterographium* Corda. Im dritten Teil wird zu einigen Fragen bezüglich der Systematik der *Hysteriales* Stellung genommen

Vor allem bin ich meinem Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. Gäumann, unter dessen Leitung die Arbeit durchgeführt wurde, zu Dank verpflichtet. Auch den Herren Prof. Dr. W. Koch, Prof. Dr. O. Jaag, Dr. Ch. A. Terrier und Dr. E. A. Thomas möchte ich für ihre Ratschläge danken, ebenfalls Herrn Prof. Dr. A. U. Däniker an der Universität Zürich, der mir eine Reihe von Versuchsbäumen im Botanischen Garten der Universität Zürich für die Ausführung von Infektionsversuchen zur Verfügung stellte. Durch Herrn Prof. Dr. A. Volkart (E. T. H.) erhielt ich aus Dänemark Rostrups Publikationen über *Hysterographium fraxini*; Herr Prof. Dr. E. Ulbrich in Berlin überließ uns reichliches Herbarmaterial aus dem Botanischen Museum Berlin zur Bearbeitung. Beiden Herren spreche ich meinen Dank aus.

I. Teil

Untersuchungen über *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not.

A. Biologie

Die Gattung *Hysterographium* Corda ist in Reinkultur wenig untersucht worden. Brefeld (1891, X. Heft, p. 271—272) ist meines Wissens der erste, der *Hysterographium fraxini* rein kultivierte. Erst 1932 untersuchte Lohman eingehender das Wachstum einiger Arten aus der Familie der *Hysteriaceen*. Er erhielt in Reinkultur von *Hysterographium fraxini* Mikrokonidien, die er zum Keimen bringen konnte. Die Hauptfruchtformen erhielt Lohman auf den von ihm verwendeten Nährböden (nach Leonian, in Lohman, 1930) nicht. Diese Arbeiten werden im Kapitel Systematik näher behandelt.

1. Erzielung von Reinkulturen

Die gut angefeuchteten Fruchtkörper werden an die Innenseite des Deckels von Petrischalen geklebt, an deren Boden sich eine Malzagarschicht (2 % Malz + 2 % Agar) befindet. Die Sporen werden auf den Agar geschleudert und können von der Unterseite her im Mikroskop beobachtet werden; auf diese Weise lassen sich Fremdinfektionen ausschalten, so daß der Pilz rein in Reagensgläser und Kolben übertragen werden kann.

Die 1-Sporkulturen wurden mit der Mikromanipulator-Methode gewonnen. Die einzelnen Sporen wurden, um sicher zu gehen, daß nur eine Spore vorhanden ist, zur mikroskopischen Überprüfung in Petrischalen und nach erfolgter Keimung in Reagensgläser und Kolben auf Malzagar übergeführt. Nach ca. 2 Monaten waren in den zuerst weißen, wolligen

Kulturen, die sich nach ca. 6 Monaten dunkel-olivgrün färbten, haufenweise schwarze, stecknadelkopfgroße Punkte zu sehen, die nach einem weiteren Monat zu reifen Hauptfruchtkörpern auswuchsen. Daneben waren auf flachen Lagern an der Oberfläche, in Höhlungen im Agar oder in kugeligen, oberflächlichen Gehäusen, haufenweise Mikrosporenabschnürungen zu beobachten (Abb. 1 a—c, Abb. 6a).

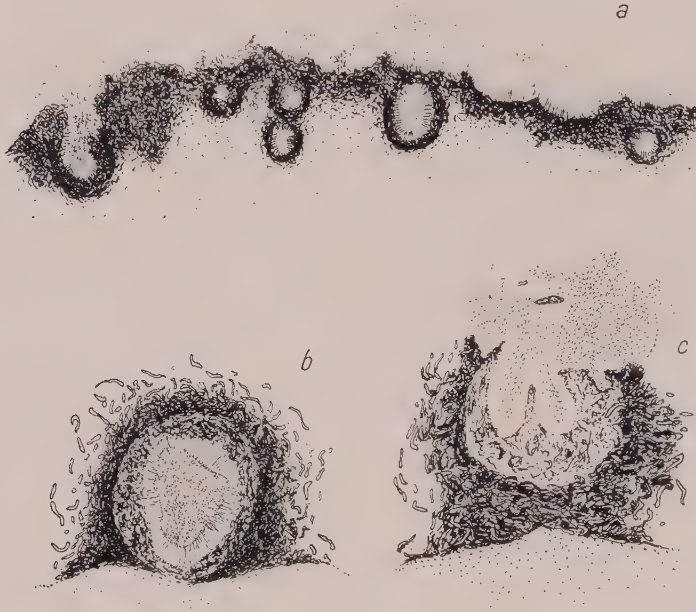


Abb. 1

a) Flache Mikrokonidienlager auf der Agaroberfläche und kugelige Höhlungen im Agar. Vergr. 45mal. b) Kugeliger, einkammeriger Mikrokonidienbehälter auf Agaroberfläche. Vergr. 90mal. c) An der Decke zerbröckelter, mehrkammeriger Mikrokonidienbehälter mit austretenden Mikrokonidien. Vergr. 90mal.

Mit zunehmender Austrocknung der Kulturen nahm ein Teil der Hauptfruchtkörper mehr oder weniger die typische Form der freilebenden Fruchtkörper an (vergl. Kapitel Entwicklungsgeschichte). Nach dem Vorliegenden ist *Hysterographium fraxini* homothallisch.

2. Biologie der Hauptfruchtform

a) Sporenejakulation.

Um die Schleuderhöhen der Fruchtkörper festzustellen, wurde die Methode: Schiefstehendes Deckgläschen über den befeuchteten Apothezien, verwendet. Die durchschnittliche Schleuderhöhe liegt bei 23 mm, wobei extreme Werte bis zu 30 mm vorkommen. Die Apothezien begannen die Sporen zum Teil schon nach 15 Minuten nach der Befeuchtung zu ejaku-

lieren, und es ist anzunehmen, daß die Sporen mit steigender oder mit maximal aufgenommener Feuchtigkeit hinausgeschleudert werden.

Die in Reinkultur erhaltenen Fruchtkörper ejakulierten ihre Sporen ebenfalls, aber nur bis sie eine gewisse Altersstufe erreicht hatten. Wenn der Fruchtkörper noch mit einer starken Gehäusewand umgeben ist, werden die Sporen nach erfolgter Befeuchtung massenhaft hinausgeschleudert. Sobald das Pseudothezium aus den Fruchtkörperwänden hinauszuwachsen beginnt (vergl. Kapitel Entwicklungsgeschichte), hört die Ejakulationsfähigkeit allmählich auf (Abb. 2).



Abb. 2
Hauptfruchtform mit halb herausgewachsenem Pseudothezium mit Asci und Ascosporen.
Vergr. 60 mal.

Es scheint, daß die starken Fruchtkörperwände als Widerstand beim Aufquellen des Pseudotheziums zur Ejakulation notwendig sind; der Ascus allein kann bei *Hysterographium fraxini* wahrscheinlich die Ejakulation nicht nur durch innere Spannung seiner Wandschichten vornehmen. In späteren Stadien, in denen keine Ejakulation mehr stattfindet, sind trotzdem viele keimfähige Sporen in den Asci zu finden. Es ist nicht wahrscheinlich, daß es sich bei den nicht mehr ejakulationsfähigen Fruchtkörpern um eine Degeneration der Quellungsfähigkeit der innern dicken Ascusmembran handelt, da die Aufnahmefähigkeit dieser Membran für Wasser kaum in ca. 3—4 Monaten so stark abnimmt.

b) Keimung der Ascosporen.

Die Methode war die gleiche wie zur Erzielung von Reinkulturen. Die Petrischalen wurden auf Thermostaten von 0—36° C mit je 3 Grad Intervall verteilt. Die Keimung kann durch die Agarschicht hindurch mit 3—400facher Vergrößerung verfolgt werden. Ein Großteil der einzelnen Fächer der mauerförmigen Sporen schwillt leicht an und entwickelt gleich darauf je einen Keimschlauch. Haben die Keimschläuche auf Malzagar ungefähr eine Länge von 30—40 μ erreicht, so beginnen sie sich zu septieren und zu verzweigen. Die Spore wird von den Keimhyphen umknäuelt und schrumpft nach erfolgter Keimung nur wenig ein. Das

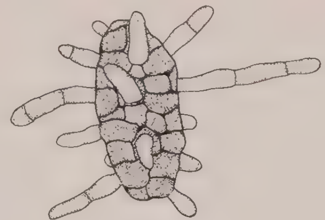


Abb. 3
Keimende Ascospore,
aus Fruchtkörper in 1-Sporkultur gebildet. Vergr. 600 mal.

Gleiche gilt für Sporen, die den in Reinkultur erhaltenen Fruchtkörpern entstammen (Abb. 3).

Wie lange die Sporenreserve für das Wachstum der Keimschläuche reicht, wurde an Sporen in destilliertem Wasser ermittelt, die vorher während eines Jahres bei 0° C aufbewahrt wurden. 4 Stunden nach der Aussaat waren etwa 30 %, nach 17 Stunden alle gekeimt. Nach 18 Stunden waren die längsten Keimschläuche 25 μ, nach 48 Stunden 37 μ lang. Der Mittelwert lag nach 48 Stunden zwischen 14 und 18 μ. Zu dieser Zeit waren die längeren Keimschläuche 1—2 mal septiert; die erste Septierung konnte nach 18 Stunden wahrgenommen werden. Nach 14 Tagen war eine blasige Anschwellung der Keimhyphenzellen zn beobachten, und es traten „Öl“tropfen in den Sporenfächern sowie in den Keimhyphenzellen auf. Ein weiteres Wachstum in destilliertem Wasser konnte nicht festgestellt werden. Die Sporen blieben während eines weiteren Monates auf dieser Entwicklungsstufe stehen.

Für die Ermittlung des Anschwellens der Sporen beim Keimen wurden im hängenden Tropfen (destilliertes Wasser) 10 Sporen im Verlaufe ihrer Keimung gemessen (Tabelle 1).

Tabelle 1

Anschwellen der Sporen beim Keimen

Zunahme der Länge in μ	2—3	2—3	1	2—3	0	2—3	2—3	3—4	2—3	2—3
Zunahme der Breite in μ	2—3	1	0	4—5	2—3	2—3	3—4	2—3	2—3	2—3

Länge und Breite nehmen also ungefähr um 2—3 μ zu.

c) Keimung von aufbewahrtem Material.

Eschenzweige mit *H. fraxini*-Fruchtkörpern wurden bei 4 Temperaturen: 0°, 15°, 24° und 36° C aufbewahrt und von Zeit zu Zeit auf die Keimfähigkeit der Sporen geprüft. Es zeigte sich, daß bei 0°, 15° und 24° C aufbewahrtes Sporenmaterial noch nach 2 Jahren gleich gut keimte wie frisches Material. Bei 33° C stellte sich nach ca. 5 Monaten Schimmelbildung ein, und der Versuch für diese oberste Temperatur mußte vorzeitig abgebrochen werden. *H. fraxini*-Fruchtkörper können demnach mindestens 2 Vegetationsperioden überdauern und jederzeit gut keimfähiges Sporenmaterial liefern, wie es Lohman (1932) für einige weitere Arten angibt. Die Infektionen in der Natur können also auch von altem Material ausgehen.

d) Keimung bei verschiedenen Temperaturen.

Um die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur zu bestimmen, wurden wiederum Petrischalen in die Thermostaten verteilt, und nach 6 Stunden das erstemal geprüft. 100 %ige Keimung wurde zwischen 9° und 30° C festgestellt. Bei 3° und 33° C war sie gleich Null. Das Längen-

wachstum der Keimschläuche erreichte bei 21° und 24° C das Maximum und nahm kontinuierlich ab bis 3° bzw. 33° C. Nach 24 Stunden war auch 100%ige Keimung bei 3° und 33° C festzustellen.

Über die Länge der Keimschläuche nach 24 Stunden gibt Tabelle 2 Aufschluß.

Tabelle 2

Sporenkeimung bei verschiedenen Temperaturen

Temperatur °C	Keimung nach 24 Stunden
0	—
3	beginnende Keimung
6	K. S. wie Sporenfächer
9	K. S. halbe bis ganze Sporenbreite
12	K. S. so lang wie Sporenbreite
15	K. S. so lang wie Sporenlänge
18	K. S. 2—3 fache Sporenlänge
21	K. S. 3 fache Sporenlänge, und etwas länger
24	K. S. 2—3 fache Sporenlänge
27	K. S. wie eine Sporenlänge
30	K. S. wie Sporenbreite, einzelne länger
33	K. S. wie Sporenfächer
36	—

K. S. = Keimschläuche.

Die zeitliche Fortsetzung ist aus den Temperaturkurven über das Myzelwachstum zu sehen. Die Temperaturansprüche des Myzels sind bei *H. fraxini* mit denjenigen der Sporenkeimung identisch.

e) Temperaturansprüche des Myzels.

Für die Messungen wurden entweder Kolben von 500 ccm Inhalt verwendet (mit Wattebauschen verschlossen und mit Cellophanpapier umwickelt, um vorzeitige Austrocknung zu verhindern) oder Kolleschalen mit Malzagar beschickt (2% Malzextrakt + 2% Agar). Für jede Temperatur von 0°—36° C standen 2 Kolben mit je 5 Kulturen oder 10 Kolleschalen mit je einer Kultur zur Verfügung. Der Mittelwert zwischen größtem und kleinstem Durchmesser ergibt die Kurvenwerte des Wachstums. Mittelwert und Streuung wurden nach der Johannsen'schen Rechenmethode und den Tabellen von Zöller (1925) ermittelt.

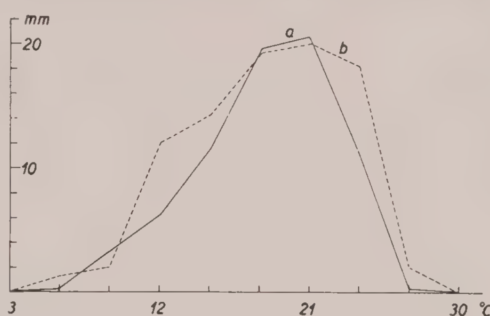


Abb. 4
Temperaturkurve von *H. fraxini*:
a) auf *Fraxinus excelsior*, b) auf *Olea europaea*.

Für die Temperaturversuche wurden *H. fraxini* auf *Fraxinus excelsior* (Sihltal, Kt. Zürich, 550 m. ü. M.) und *H. fraxini* auf *Olea europaea* (Gan-

dria, Kt. Tessin, 300 m ü. M.) verwendet. Eine dritte Messung wurde mit *H. Pumilionis* Rehm auf *Pinus montana* Miller var. *Pumilio* (Hänke) Willkomm aus dem Val Tisch (Kt. Graubünden, 2100 m ü. M.) durchgeführt.

Minimum, Optimum und Maximum sind bei *H. fraxini* auf *Fraxinus excelsior* und *Olea europaea* gleich: Das Minimum liegt bei 3 ° C, das Optimum bei 21 ° C und das Maximum bei 30 ° C. *H. fraxini* auf Esche und auf Ölbaum besitzt die gleichen Temperaturansprüche (Abb. 4, Tabelle 3).

Tabelle 3
Temperaturansprüche von *Hysterographium fraxini* auf *Fraxinus excelsior* und *Olea europaea*

Temperatur °C	*H. fraxini* auf *Fraxinus excelsior* (nach 5 Wochen)	*H. fraxini* auf *Olea europaea* (nach 15 Wochen)
0	0	0
3	Spuren	Spuren
6	Spuren	6,5 ± 0,88
9	3,2 ± 0,28	10,2 ± 1,07
12	6,1 ± 0,04	61,5 ± 1,23
15	11,6 ± 1,6	81,6 ± 1,53
18	19,6 ± 2,1	95,9 ± 1,98
21	20,3 ± 1,2	101,6 ± 2,59
24	11,0 ± 0,8	90,8 ± 1,87
27	Spuren	10,4 ± 1,09
30	0	0

Bau und Farbe des Myzels in Kultur sind sich ebenfalls gleich: Zuerst rein weißes, wolliges Myzel, das sich nach etwa 3 Monaten gelblich und nach ca. einem halben Jahr olivgrün verfärbt. Haupt- und Nebenfruchtformen wurden bei konstanter Temperatur nicht gebildet. — Es ist also mit Hinsicht auf die Lebensansprüche kein Grund vorhanden, *H. fraxini* aufzuspalten in *H. fraxini* (auf Esche) und in *H. oleae* oder *oleastri* und dergleichen (auf Ölbaum), wie es von verschiedenen Autoren durchgeführt wurde.

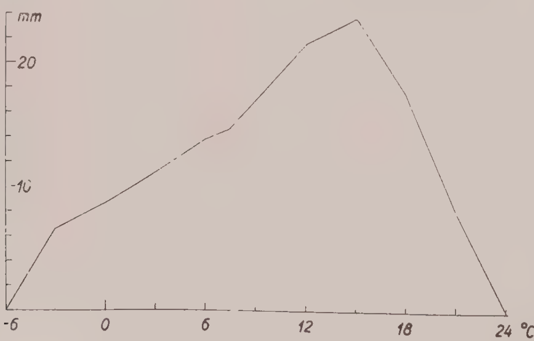


Abb. 5
Temperaturkurve von *H. Pumilionis.*

Anders verläuft die Temperaturkurve von *H. Pumilionis.* Das Minimum liegt bei — 6 °, das Optimum bei 15 ° und das Maximum bei 24 ° C. Dadurch ist es erklärlich, daß der Pilz nur in hohen Regionen vorkommt: *H. Pumilionis* ist eine typisch alpine Art (Abb. 5, Tabelle 4).

Tabelle 4

Temperaturansprüche von *Hysterographium Pumilionis* auf *Pinus montana* Miller var. *Pumilio* (Hänke) Willkomm.

Temperatur °C	Nach 7 Wochen	Temperatur °C	Nach 7 Wochen
— 6	Spuren	12	21,6 ± 0,45
— 3	6,6 ± 0,23	15	23,6 ± 0,17
0	8,5 ± 0,13	18	17,5 ± 0,90
3	11,1 ± 0,29	21	8,1 ± 0,94
6	13,9 ± 0,76	24	Spuren
9	14,2 ± 0,20		

f) Fruchtkörperausbildung und Myzelwachstum auf verschiedenen Nährböden.

Auf Malzagar, der *H. fraxini* am besten zusagt, entwickelt sich ein zuerst leichtes, weißes Myzel, das je nach Malzgehalt dick wollig wird. Die später auftretende Dunkelfärbung beruht zum Teil auf Membranfärbung, zum Teil auf krustigen Einlagerungen zwischen den Hyphen. Die Hyphen sind fädig, besitzen bei gutem Wachstum fast keine Anschwellungen, sind hyalin und anastomosieren häufig, jedoch selten mit Kern- und Plasmaübertritten (vergl. Kapitel Entwicklungsgeschichte). Haupt- und Nebenfruchtformen werden nicht bei allen Malzkonzentrationen ausgebildet (Tabelle 5 und 6).

Tabelle 5

Zusammensetzung der Nährböden

A:	1,5 % Agar gelöst in destilliertem Wasser
B:	1,5 % Agar + 0,5 % Malz gelöst in destilliertem Wasser
C:	1,5 % „ + 2 % „ „ „ „ „
D:	1,5 % „ + 4 % „ „ „ „ „
E:	1,5 % „ + 10 % „ „ „ „ „
F:	4 % Malz gelöst in destilliertem Wasser

Tabelle 6

Myzelwachstum und Fruchtkörperbildung bei verschiedenen Malzkonzentrationen (vergl. Tabelle 5)

A:	Wachstum sehr schlecht, spärliches weißes Luftmyzel. Pilz wächst eher im Agar drin. Keine Fruchtkörperbildung.
B:	Luftmyzel besser entwickelt. Spärliche Fruchtkörperbildung.
C:	Wachstum gut. Zahlreiche Fruchtkörper.
D:	Wachstum gut. Vereinzelte Fruchtkörper.
E:	Wachstum sehr gut. Keine Fruchtkörperbildung.
F:	Myzel dehnt sich in der ganzen Nährlösung aus. Anfänge von Fruchtkörperbildung. Entwicklung in ihrem Anfangsstadium abgebrochen.

H. fraxini (1-Sporkultur) wurde auf folgende weitere Nährböden übergeimpft (Tabelle 7):

Tabelle 7

Zusammensetzung der Nährböden

A:	Kompost + 1 % Agar + 1 % Glukose + Wasser
B:	Gartenerde + 1 % Agar + 1 % Glukose + Wasser
C:	Tulpenzwiebel (gehackt) + 2 % Agar + 1 % Glukose + Wasser
D:	Brot + 1 % Agar + Wasser
E:	Sägemehl (Lärche) + 1 % Agar + Wasser
F:	Kartoffel + Wasser
G:	Äpfel + 1 % Agar + Wasser
H:	$1^1/_2$ Maggiwürfel + 2 % Agar + Wasser
I:	Rahmkäse + 1 % Agar + Wasser
K:	Kaffee + 2 % Agar + 1 % Malz + Wasser
L:	Hafermehl (2 %) + 2 % Agar + Wasser
M:	Bohnenmehl (2 %) + 2 % Agar + Wasser
N:	Kondensmilch + 2 % Agar + 1 % Glukose + Wasser
O:	Reis + Wasser
P:	Knop: 2 % Agar + 0,1 % Ca $(NO_3)_2$ + 0,02 % KH_2PO_4 + 0,02 % KCl + 0,12 % $MgSO_4$ + $FeCl_3$ + 1 % Glukose
Q:	Randen + Wasser
R:	Methylsalizylsäure + 2 % Malz + 2 % Agar + Wasser
S:	Tabak + 1 % Malz + 2 % Agar + Wasser
T:	Gelatine (2 %) + 2 % Malz + Wasser
U:	Gelatine (15 %) + 10 % reiner Birnensaft
V:	frische Rosenblätter (10 %) gekocht, neutralisiert mit NaOH + 1,8 % Agar.

Über die Ausbildung des Myzels und die Fruchtkörperbildung geben die Tabellen 8 und 9 Auskunft.

Tabelle 8

Wachstum und Myzelfarben nach 9 Monaten

A:	dunkel graubraun, krustig, Wachstum schlecht
B:	Rand ockerfarben, gegen innen dunkelolivgrün, krustig, Wachstum ziemlich schlecht
C:	dunkelolivgrün, krustig, Wachstum schlecht
D:	hellolivgrün, ocker, rötlichbraun, runzelig, fast wollig, Wachstum sehr gut
E:	(zuviel Wasser) untergetaucht, leicht grau, aufgequollen, Wachstum gut
F:	anliegend, ziemlich glatt, zum Teil weißlich, hellgelbbraun, braun, Wachstum gut
G:	olivgrün, hellocker, hellbraun, weiß, zum Teil wollig, Wachstum sehr gut
H:	anliegend, schmierig, glatt, weiß bis hellocker, Wachstum sehr schlecht
I:	hellocker, hellrötlich, schleimig, Mitte runzelig, Wachstum gut
K:	ocker, dunkelolivgrüne Zonen, zum Teil wollig, runzelig, Wachstum sehr gut
L:	anliegend, schleimig, weiß, Wachstum schlecht
M:	rein weiß, anliegend, zum Teil leicht wollig, Wachstum ziemlich gut
N:	anliegend, runzelig, ocker, leicht grünlich, in der Mitte hellrotbraun bis dunkelbraun, Wachstum gut
O:	hellolivgrün, ocker, zum Teil wollig, Mitte dunkelbraun, runzelig, Wachstum sehr gut
P:	hellocker mit rötlichbraunen Zonen, zum Teil weiß, zum Teil braun (Sektoren), zum Teil wollig, Wachstum gut
Q:	hellocker, leicht wollig, Wachstum ziemlich gut
R:	aufgequollen, schleimig, grau, untergetaucht, Wachstum schlecht
S:	orange bis ocker, leicht wollig, in der Mitte grau, olivgrüne und braune Stellen, Wachstum gut
T:	weiß, aufgequollen, schleimig, untergetaucht, Wachstum ziemlich gut
U:	grau, aufgequollen, schleimig, untergetaucht, Wachstum gut
V:	nicht gewachsen.

Aus Tabelle 8 geht hervor, daß die Myzelausbildung von *H. fraxini* in Reinkultur großen Schwankungen in Form, Farbe und Ausdehnung

Tabelle 9
Fruchtkörperbildung nach 9 Monaten auf den verschiedenen Nährböden
(Tabelle 6)

A:	kleine leere Gehäuse
B:	kleine leere Gehäuse
C:	kleine leere Gehäuse (die meisten Hyphenzellen stark angeschwollen)
D:	kleine leere Gehäuse
E:	—
F:	kleine leere Gehäuse
G:	Mikrokonidien in kleinen kugeligen Gehäusen
H:	—
I:	—
K:	kleine leere Gehäuse
L:	junge, mitten in ihrer Entwicklung stehengebliebene Gehäuse
M:	junge, mitten in ihrer Entwicklung stehengebliebene Gehäuse
N:	—
O:	Mikrokonidien in kleinen kugeligen Gehäusen
P:	junge, mitten in ihrer Entwicklung stehengebliebene Gehäuse
Q:	—
R:	—
S:	Mikrokonidien in kleinen kugeligen Gehäusen
T:	kleine leere Gehäuse (untergetaucht)
U:	—
V:	—

unterworfen ist. Auch dieses deutet darauf hin, wie labil sich der Pilz in biologischer Richtung verhält. Die Hauptfruchtformen (Tabelle 9) sind oft mitten in ihrer Entwicklung stehen geblieben. Sie können nur auf Malzagar von geeigneter Konzentration zur vollen Reife gelangen.

g) Einfluß des Lichtes und der Temperatur auf die Fruchtkörperbildung.

Auf Malzagar wurden Fruchtkörper nur unter gewissen Bedingungen ausgebildet. Um diese näher festzustellen, wurde folgende Versuchsanordnung getroffen:

Je 8 Kolben (2 % Malz + 2 % Agar), beimpft mit 1-Spormyzel, wurden 1. bei konstanter Temperatur (Thermostat, 21 ° C), 2. bei wechselnder Temperatur (Laboratorium, durchschnittlich 19—20 ° C) eingeschlossen in einer Kartonschachtel, und 3. bei wechselnder Temperatur (ebenfalls im Laboratorium) am Tageslicht (unter Ausschluß des direkten Sonnenlichtes) gehalten. Schon nach ca. einem Monat waren in den Kolben, die im Laboratorium am Licht standen, viele junge Fruchtkörperanlagen zu beobachten, währenddem diejenigen Kulturen, die im Laboratorium im Dunkeln standen, spärlichere, diejenigen im Thermostaten keine Fruchtkörperbildung aufwiesen. Die Unterschiede prägten sich im Verlauf eines Monates noch stärker aus. Zur Auslösung der Fruchtkörperbildung ist demnach Licht notwendig. Bei schwankender Temperatur können noch einzelne Fruchtkörper zur Entwicklung gelangen, bei konstanter Temperatur im Dunkeln dagegen nicht.

3. Biologie der Nebenfruchtformen

a) Mikrokonidienbildung in 1-Sporkultur.

Die Lebensdauer der stäbchenförmigen Mikrokonidien beschränkt sich im allgemeinen auf eine Vegetationsperiode. Aufbewahrtes Material, im Frühjahr gesammelt, hält sich bei Zimmertemperatur und unter öfterem Befeuchten bis in den nächsten Winter hinein. Dann zerfallen die meisten Mikrokonidienbehälter, indem zunächst ihre Decke ausbröckelt, nach und nach die Seitenwände.

Irgendwelche andere Nebenfruchtformen, Makrokonidien usw., werden von *H. fraxini* in Reinkultur nicht gebildet, auch nicht in drei Jahre alten Kulturen auf sterilisierten Eschenzweigen, die aufrecht im Agarboden steckten. In der Literatur werden nur Mikrokonidien von der bekannten Form erwähnt. Diejenigen, die Rostrup als zu *H. fraxini* gehörend bezeichnete, haben mit diesem Pilz nichts zu tun. Wir dürfen mit Sicherheit sagen, daß die Nebenfruchtform von *H. fraxini* nur aus Mikrokonidien besteht.

b) Mikrokonidienkeimung.

Die stäbchenförmigen Mikrokonidien keimen, wie es A. Möller (Brefeld, 1891, p. 272) für *Hysterium pulicare* und später Lohman (1932, 1933) für verschiedene Arten der Familie der *Hysteriaceen* festgestellt hatten, mit je einem Keimschlauch an ihren Enden aus. Ich habe ebenfalls solche Untersuchungen an *H. fraxini* vorgenommen, indem ich von frei-

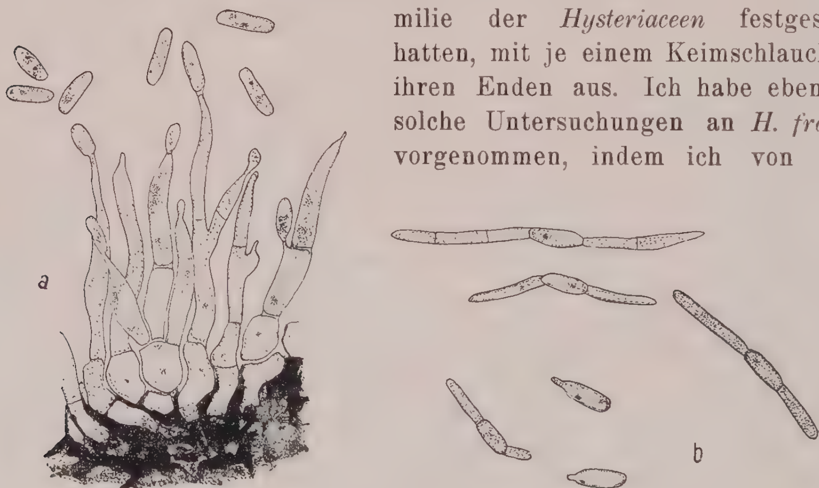


Abb. 6
a) Abschnürung von Mikrokonidien. Vergr. 2000 mal.
b) Keimende Mikrokonidien. Vergr. 2000 mal.

lebendem Material mittelst des Mikromanipulators Mikrokonidien isolierte und deren Keimung im Mikroskop verfolgte (Abb. 6 b).

Es entstand ein großes, anfänglich weißes Myzel, das sich im Alter ebenfalls dunkel färbte, wie es bei Kulturen aus Ascosporen der Fall ist.

Bei späterem Überimpfen entstand daraus wiederum ein weißes Myzel. Auf diesen Kulturen entwickelten sich Mikrosporenbehälter mit den stäbchenförmigen Mikrokonidien. Bis jetzt habe ich noch keine Hauptfruchtformen auf diesen Kulturen feststellen können. — Zur Funktion der Mikrokonidien als männlich determinierte Sexualzellen wird im Kapitel über die Entwicklungsgeschichte Stellung genommen.

B. Pathologie

1. Krankheitsbild.

Rostrup (1883, 1902) gibt bekannt, daß hauptsächlich junge Eschenkulturen auf Wiesen- und Moorböden vom Pilz befallen werden. Über den Befall schreibt er: „Die Krankheit begann zum Teil mitten auf dem Stamm, zum Teil am Grunde oder gegen die Spitze, bisweilen auch auf den Zweigen und zeigte sich zuerst als kleiner, eingedrückter Fleck, der wie von einem Finger in die Rinde eingedrückt war. Diese Flecken wuchsen seitlich, indem sich solche von allen Größen fanden, bis sie zuletzt den Stamm oder Zweig umfaßten, worauf der ganze darüber liegende Teil einging. Die jüngsten Flecken waren kreisrund, die älteren unregelmäßig und oft zu mehreren zusammenfließend. Sie wurden weißfarbig, bleichbraun, und diese Farbe durchdrang die Borke und den Bast bis zum Holz. Diese Flecken waren entweder durchwoben mit dem farblosen verzweigten Myzel, das vom Rande der verfärbten Partien der Borke neue Hyphen in die umgebenden, noch lebenden Teile der Borke aussandte..." Der gleiche Autor beschreibt als Nebenfruchtform hyaline, walzenförmige, in kugeligen Gehäusen abgesonderte Stylosporen von $32-38 \times 11\ \mu$ Größe. Diese gehören jedoch, wie später mehrere Autoren annahmen, nicht zu *Hysterographium fraxini*. Es wurden an ihrer Stelle Mikrosporen beschrieben, die als einzige Nebenfruchtform von *Hysterographium fraxini* in Frage kommen. Sie werden in kugeligen Gehäusen von 0,1–0,5 mm Durchmesser, an einfachen oder verzweigten Sterigmen abgeschnürt, sind stäbchenförmig, hyalin und messen $2-6 \times 1\ \mu$. Auf den Infektionsstellen treten zuerst die Neben-, später die Hauptfruchtformen auf, die aus den bekannten schwarzen, sich mit einer Längsspalte öffnenden „Apothezien" von v. Höhnel (1918, p. 146) und weiteren Autoren als „Hysterothezien" bezeichnet, bestehen. Sie durchbrechen, oft kreisförmig angeordnet, die Rinde der hellen Flecke oder die obersten Schichten des Holzes auf Ästen, die entweder schon abgebrochen sind oder noch am Baume haften (Tafel I, Abb. 4). Oft laufen ihre Spalten mit der Astachse parallel; meistens sitzen sie regellos zerstreut auf der Ast- oder Stammrinde von befallenen Bäumen.

Die Bildung der Neben- und Hauptfruchtformen ist nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden; ich habe die Nebenfruchtformen neben den Hauptfruchtformen vom Februar an bis in den Herbst hinein ge-

funden. Es scheint, daß diese zum Teil fähig sind, den Winter zu überdauern, während ein anderer Teil im Herbst oder schon im Sommer zerfällt. Die Hauptfruchtkörper bleiben während 2—3 Vegetationsperioden erhalten und liefern jederzeit gut keimfähiges Sporenmaterial (vergl. Kapitel Biologie).

Auf den andern bekannten Wirtspflanzen ist das Krankheitsbild dasselbe.

2. Ausbreitung der Krankheit

Die *Hysterographium*krankheit der Eschen äußert sich in den meisten Fällen dadurch, daß einzelne Äste, oft ganze Kronteile und in extremen Fällen die ganzen Bäume von *Hysterographium fraxini* befallen und zugrunde gerichtet werden. Ich konnte im Kanton Tessin zwischen Contra und Mergoscia im Verzascatal zwei solche, von *Hysterographium fraxini* vollständig abgetötete Eschen beobachten (Tafel I, Abb. 1). Die beiden 40—50 Jahre alten Bäume standen direkt unterhalb der Stützmauer der Straße Contra-Mergoscia an einem steilen, rutschigen Hang, neben schwächer befallenen Eschen. Die Äste und die Stämme dieser beiden Exemplare waren ganz mit Fruchtkörpern von *Hysterographium fraxini* übersät; die Myzelisolierungen aus den äußern Schichten des Stammholzes und der Rinde ergaben, daß das Myzel von *Hysterographium fraxini* Rinde und Holz durchwucherte. *Hysterographium fraxini* ist als der Urheber des vollständigen Absterbens dieser beiden Bäume zu betrachten, da sonst keine Anzeichen einer weiteren Krankheit vorhanden waren.

Einen starken Befall wiesen die *Fraxinus Ornus*-Bestände zwischen Castagnola und Gandria, ebenfalls im Kanton Tessin, auf. Von diesen Beständen waren mehr als die Hälfte der Bäume zu über 50 % von dem Pilz befallen.

Die Krankheit ist auch im Mittelland häufig anzutreffen und erstreckt sich von hier aus bis in die Alpen hinein. Ein starker Befall von Eschen konnte im Berneroberland zwischen Lauterbrunnen und Wengen bis auf eine Höhe von über 1400 m ü. M. festgestellt werden, wobei die Bäume ebenfalls bis zu 50 % tote, mit *Hysterographium fraxini*-Fruchtkörpern dicht besetzte Äste aufwiesen.

Am häufigsten ist die Krankheit an feuchten, warmen Stellen zu beobachten: An Flußläufen, an steilen rutschigen Hängen, in Bachtobeln, in Riedwiesen, in Wäldern, aber auch an freistehenden Bäumen, im Sumpfgelände usw. Besonders dort, wo die Eschen in irgendwelcher Form nicht gut gedeihen (in Frost-ausgesetzten Lagen, auf dauernd nassen Böden, an zu Luft-feuchten Stellen, an Orten, wo sie durch Steinschlag beschädigt werden usw.), tritt *Hysterographium fraxini* im allgemeinen viel häufiger auf, als an den für das Wachstum der Eschen günstigeren Standorten Die Krankheit kann in diesen Fällen tödlich wirken.

Aus der Literatur und aus dem Herbarmaterial geht hervor, daß *Hysterographium fraxini* ein Kosmopolit ist und überall in Mitteleuropa, in Asien, Afrika, Süd- und Nordamerika usw. vorkommt, so daß man ohne Übertreibung sagen darf, daß diese Krankheit an allen Standorten von *Fraxinus excelsior* (aber auch von *Fraxinus Ornus*, *Olea europaea* usw.) in stärkerer oder schwächerer Form auftritt.

3. Infektionsverlauf

a) Bei kräftigen Wirtspflanzen.

Das typische Bild des Infektionsverlaufes bei sonst vollkommen gesunden Bäumen ist folgendes: Auf einem z. B. 3—4jährigen Zweig (das Alter spielt keine Rolle; es können beliebig alte Äste und Zweige befallen werden) entsteht durch irgend einen äußeren Einfluß eine Wunde, z. B. auf dem Hauptzweig zwischen zwei Seitenzweigen. Der Pilz gelangt im Frühjahr auf diese frische Wunde und wächst zunächst saprophytisch im toten Holz- und Rindengewebe. Im Mai beginnt der ganze Zweig auszutreiben, und die Blätter entwickeln sich zur normalen Größe. Der Pilz tritt zu dieser Zeit vom toten Gewebe der Wunde auf das umgrenzende lebende Gewebe über, wächst nach oben und unten, wobei sich die Rinde zuerst gelb, dann rot-braun verfärbt. Durch die Zerstörung des Kambiums erscheint die Rinde wie eingedrückt. Das Wachstum des Zweiges und seine Nährstoffzufuhr werden vorerst nicht wesentlich gehindert, da die Zerstörung nur strichweise auf der Seite des Zweiges auftritt, auf der die Infektionsstelle sich befindet und den Zweig noch nicht umfaßt. Gegen den Spätsommer hin beginnen die Blätter oberhalb der Wunde zu welken, da der Pilz von der Wunde aus den Ast zum größten Teil rings umfaßt und die Zellen dieser Zone abgetötet hat, sodaß die Nährstoffzufuhr des oberen Zweigstückes unterbrochen ist. Das untere Zweigstück bis zur unteren Abzweigung ist noch gesund. Bei günstiger Temperatur und Feuchtigkeit dehnt sich der Pilz auch nach unten aus und tötet die Zellen bis zur unteren Zweiggabelung ab. An der Infektionsstelle treten in diesem Stadium bereits die ersten Nebenfruchtformen auf. Direkt oberhalb der unteren Seitenzweige wird bei den kräftigen Wirtspflanzen ein Kallus gebildet, der den oberen toten Teil vom unteren lebenden abtrennt, und über den hinaus der Pilz im Spätherbst des Befallsjahres aus rein biologischen Gründen nicht weiter wachsen kann, da *Hysterographium fraxini* das Wachstum, wie es aus den Temperaturversuchen hervorgeht, schon bei $+3^{\circ}$ C einstellt. Der Befall des Astes von derselben Infektionsstelle aus ist für diese, aber auch für die nächste Vegetationsperiode abgeschlossen, da der Pilz nicht imstande ist, den gebildeten Kallus zu durchdringen. Für den Befall des unteren noch gesunden Aststückes ist eine neue Wunde notwendig; die Infektion ist lokalisiert worden. Der tote Teil des Astes, auf dem sich noch in der gleichen oder nächsten

Vegetationsperiode die Haupt- und Nebenfruchtformen entwickeln, kann noch mehrere Jahre am Baum haften bleiben. Häufig ist zu beobachten, daß auf diese Weise Zwieselbildung (Gabelung) an den Ästen vorkommt, da, nachdem der Hauptast abgestorben ist, die beiden äußersten Seitenzweige in der Hauptlängsrichtung weiterwachsen. An Hand entsprechender Pilzisolierungen aus solchen Zweigen läßt sich nachweisen, daß *Hysterographium fraxini* den Ast abgetötet hat. Vielfach kann es vorkommen, daß die abgestorbenen Teile der Rinde bei einer Verwundung schon früh-

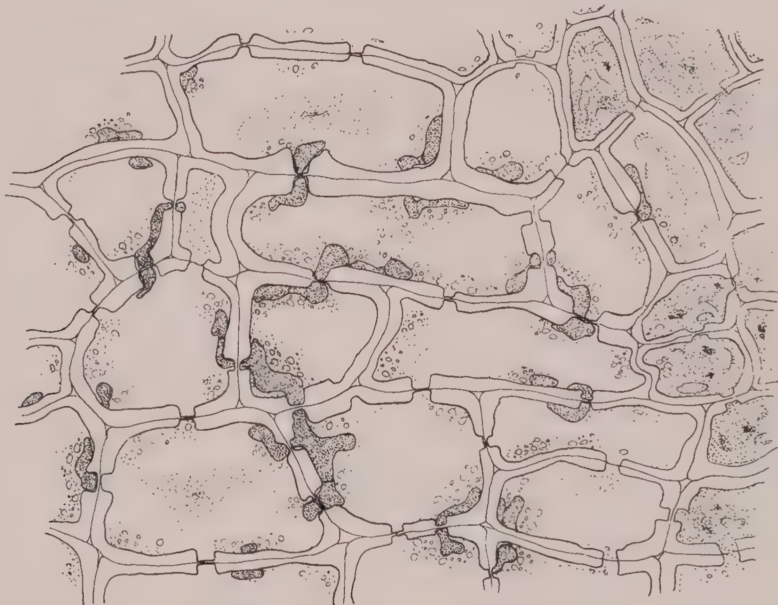


Abb. 7

Radialschnitt durch einen 4—5 jährigen, von *Hysterographium fraxini* befallenen Eschenzweig. Abgetötete, von Pilzhyphen befallene Zellen der primären Rinde neben gesunden Zellen. Vergr. 1000 mal.

zeitig durch einen Kallus abgegrenzt und die verletzten Holzgefäße durch Thyllen verstopft werden. In diesen Fällen bleibt der Pilz auf die toten Gewebeteile lokalisiert, und es kommt zu keinem weiteren Befall, da er sich nicht über diese Abschlußgewebe hinaus ausbreiten kann.

Die mikroskopische Untersuchung über das Pilzwachstum in der Rinde und im Holzgewebe (Schnittfärbung mit Baumwollblau in Milchsäure) ergibt folgendes Bild: In der schon seit längerer Zeit abgetöteten Zone wachsen die Hyphen quer, radial und tangential, inter- und intrazellulär im Holz- und Rindengewebe, die Tüpfel als Verbindungswege benützend. Die Hyphen weisen eine ziemlich regelmäßige Dicke auf, sind stark septiert, oft reich verzweigt, im Innern der Rinde und des Holzes hyalin, an der Rindenoberfläche gebräunt. In der Übergangszone sind die

Hyphen hauptsächlich in den chlorophyll-haltigen Zellen der primären Rinde anzutreffen. Die befallenen Zellen weisen körnigen Inhalt mit Öltropfen, Chlorophyll- und Plasmaresten auf, die später resorbiert werden. Die Hyphen greifen die Zellen direkt an und töten sie ab, ohne daß vorher irgendwelches Enzym oder irgendwelcher Giftstoff die Zellen auf weite Strecken hin abgetötet hat; normale Zellen lassen sich in der nächsten Umgebung der vom Pilz befallenen Zellen feststellen (Abb. 7 und Abb. 8).

b) Bei geschwächten Wirtspflanzen.

Für eine Schwächung können alle möglichen Ursachen in Frage kommen: Bodenbeschaffenheit, mangelhafte Nährstoffzufuhr, Temperatur, Licht- und Schattenlagen, zu hohe Feuchtigkeit, zu große Trockenheit usw., auf deren Schwankungen die Eschen besonders empfindlich reagieren (Kollmann, F., 1941, p. 3 ff.). Auch primäre Schädigungen durch den bunten Eschenkäfer, *Hylesinus fraxini* F., durch Eschenbakterienkrankheiten, Schildläuse usw. (Nüßlin, O., 1913, p. 254) können das Wachstum der Wirtspflanzen hemmen. In solchen Fällen ist *Hysterographium fraxini* imstande, von den befallenen Ästen ohne weitere Neuinfektion auf gesunde Äste und schließlich auf den Stamm zurückzugreifen, da zwischen dem gesunden und kranken Teil meistens kein Kallusgewebe gebildet wird. Bei dauernder Einwirkung wird der ganze Baum im Verlaufe einiger Vegetationsperioden vollständig zugrunde gerichtet.

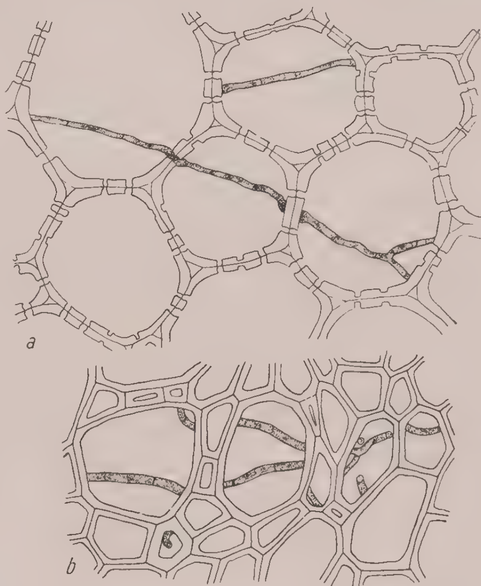


Abb. 8

a) Querschnitt durch das Markgewebe eines mit Fruchtkörpern dicht besetzten Eschenzweiges, mit Hyphen von *Hysterographium fraxini*. Vergr. 1000 mal.

b) Querschnitt durch das Holzgewebe eines mit Fruchtkörpern dicht besetzten Eschenzweiges, mit Hyphen von *Hysterographium fraxini*. Vergr. 600 mal.

c) Bei Infektionsversuchen.

Die etwa 10jährigen Versuchsbäume stehen im Versuchsgarten unseres Institutes. Sie weisen einen kräftigen Wuchs auf und sind durch keinerlei Schädlinge beeinflußt. Die Lebensbedingungen hinsichtlich der Bodenbeschaffenheit und des Klimas sind die denkbar günstigsten. Bei den meisten Infektionsversuchen wurden mittelst eines glühenden Eisenstabes auf jüngeren und älteren Ästen Brandwunden erzeugt, nach einem Tag mit in Reinkultur gezüchtetem Myzel von *Hysterographium fraxini* und

wenig Agar belegt, mit Watte und Cellophanpapier umwickelt und während 2—3 Wochen feucht gehalten.

Aus den Versuchen resultiert, daß die günstigste Zeit für die Infektion im Frühjahr liegt, zwischen Anfang März und Ende Juni. Sämtliche früher oder später ausgeführten Infektionen verliefen negativ. Als positiv verlaufen bezeichne ich einen Versuch, bei dem Hauptfruchtkörper auftreten (Tafel I, Abb. 5 und 6). Zuerst erscheinen, wie in Natur, die Nebenfruchtformen und dann die Hauptfruchtformen. Sie blieben bei allen Versuchen auf die Infektionsstelle oder ihre nächste Umgebung beschränkt, da die benutzten Bäume mit starker Kallus- und Thyllenbildung auf die Verwundung reagierten.

Die Fruktifikationszeit beträgt im allgemeinen etwa 8 Monate; d. h. die Fruchtkörper werden meistens noch am Ende der gleichen Vege-

Tabelle 10

Fruktifikationszeiten aus den Infektionsversuchen auf verschiedenen Wirtspflanzen, durchgeführt mit derselben 1-Sporkultur

Wirt	Beginn des Versuches	Auftreten der ersten Fruchtkörper	Fruktifikationszeit
Fraxinus excelsior L.	10. Mai 1939	16. Januar 1940	ca. 8 Monate
	27. März 1940	21. Oktober 1941	19
Fraxinus Ornus L.	21. März 1940	14. August 1941	17
Olea europaea L.	3. Mai 1939	22. Februar 1941	9
	24. Juni 1939	22. Februar 1941	8
	24. März 1940	18. November 1940	8
	24. März 1940	17. April 1941	13
Ligustrum vulgare L.	21. März 1940	18. November 1940	8
	21. März 1940	14. August 1941	16
Syringa vulgaris L.	27. Juni 1939	16. Januar 1940	7
Osmanthus aquifolium Sieb.	21. März 1940	14. August 1941	17
	22. April 1941	28. Februar 1942	10
Lonicera alpigena L.	10. Mai 1939	5. Februar 1940	9
Diervilla intermedia Zahlbr.	15. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Hippophaë rhamnoides L.	9. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Prunus fruticosa Pall.	10. Mai 1939	11. Januar 1940	8
Pyrus Malus L.	23. April 1941	7. Dezember 1941	8
Laburnum anagyroides Medikus	15. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Gleditschia triacanthos L.	15. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Caragana arborescens Lam. var. *pendula* Dippl.	9. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Vitis vinifera L.	5. April 1940	18. November 1940	7
	5. April 1940	25. Mai 1941	13
Celtis australis L.	15. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Betula sp.	28. Juni 1939	16. Januar 1940	7
	5. April 1940	1. März 1942	23
Alnus viridis DC.	10. Mai 1939	11. Januar 1940	7
	24. März 1940	18. November 1940	8
Fagus silvatica L.	22. April 1941	28. Februar 1942	10
Quercus Robur L.	3. Mai 1939	5. Februar 1940	9
	24. März 1940	14. August 1941	17
	22. April 1941	25. Februar 1942 (jung)	10
Picea excelsa (Lam.) Link.	5. April 1940	18. November 1940	7
Larix decidua Miller	28. Juni 1939	16. Januar 1940	7
	23. April 1941	1. März 1942	10

tationsperiode ausgebildet. Sie kann sich oft bis auf 17 und mehr Monate erstrecken (Tabelle 10).

Wahrscheinlich spielen hier Befallsintensität, schlechtere klimatische Verhältnisse für das Pilzwachstum während der für die Infektionen benutzten Vegetationsperioden, Ernährungszustand der Bäume, Größe der Wunden, Quantität und Alter des gebrauchten Impfmyzels, verschieden starke Befeuchtung des Impfmaterials usw. eine nicht unwesentliche Rolle.

Die Fruktifikationsintensität ist für die einzelnen Infektionsversuche verschieden. Auf den Wunden können keine oder viele (bis 50) Fruchtkörper entstehen. — Auch die mit vielen Fruchtkörpern besetzten Wundstellen bleiben für das weitere Wachstum der Zweige bis jetzt (z. T. nach 3 Jahren) ohne Einwirkung, und es ist nicht wahrscheinlich, daß diese Äste durch den Pilz noch abgetötet werden können. Es muß angenommen werden, daß die Wirtspflanzen für einen auch nach rückwärts greifenden Befall zu stark sind. Das Myzel dehnt sich nur auf die tote Zone der Wunde im Holz und in der Rinde aus. Die Holzgefäße werden sofort mit Thyllen verstopft. Die lebende Rinde trennt sich durch einen Kallus von der toten ab, so daß der Pilz auf die Wundstelle lokalisiert bleibt. Die Hyphen können in allen Teilen der durch die Verbrennung abgetöteten Zellen verfolgt werden; sie verlaufen gleich wie bei einer natürlichen Infektion (Abb. 9).

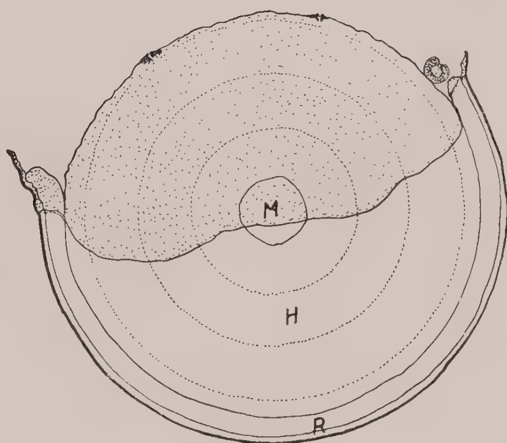


Abb. 9
Schematischer Querschnitt durch einen künstlich infizierten Eschenzweig.
Punktierte Fläche: Durch Verbrennung abgetötetes, von Hyphen durchzogenes Mark- (M), Holz- (H) und Rindengewebe (H). Vergr. 5 mal.

Je nach der Stärke der Verbrennung überwallen die Wundränder früher oder später die Infektionsstelle. Es kann vorkommen, daß Fruchtkörper, die auf dem toten Holz gebildet wurden, von den überwallenden Wundrändern von ihrem ursprünglichen Substrat abgehoben und schließlich von den Überwallungen zerdrückt werden.

Neben der Methode der Verbrennung der Äste wurden verschiedene weitere mit Myzel aus l-Sporkultur durchgeführt, die nicht alle positiv ausfielen. Die gesunde, unverletzte Rinde vermochte der Pilz nicht anzugreifen. Einfache Längsschnitte in den Ast genügten nicht, um dem Pilz eine Ansiedelungsgelegenheit zu verschaffen, da zu wenig totes Ge-

webe zum Start vorhanden war, wohl aber solche Schnitte, die quer zur Astachse verliefen, so daß zwischen den Schnitten die Rinde zum Teil abstarb. Dieselben Resultate erhielt ich mit frisch geschleuderten Sporen aus freilebenden Fruchtkörpern: Auf einem Drahtgitterchen, ca. 2—3 mm von der Rinde entfernt, wurden angefeuchtete Rindenstücke mit *Hysterographium fraxini*-Fruchtkörpern ausgelegt und mit Watte während 2 bis 3 Wochen feucht gehalten. Die Sporen wurden auf die verletzte oder gesunde Rinde geschleudert, und es entstanden dieselben Infektionsbilder wie mit 1-Spormyzel (Tabelle 11).

Tabelle 11

Resultate der verschiedenen Infektionsarten mit Myzel aus 1-Sporkultur und frisch geschleuderten Ascosporen aus freilebendem Material von *Fraxinus excelsior* L.

Art der Wunde	Infektionsmaterial	Resultat + = positiv — = negativ
Einfache Verbrennung	Myzel aus 1-Sporkultur	+
	frisch geschleuderte Ascosporen aus freilebendem Material	+
Schnitte längs der Astachse	Myzel aus 1-Sporkultur	—
	frisch geschleuderte Ascosporen aus freilebendem Material	—
Einschnitte quer zur Astachse	Myzel aus 1-Sporkultur	+
	frisch geschleuderte Ascosporen aus freilebendem Material	+
Gesunde Rinde	Myzel aus 1-Sporkultur	—
	frisch geschleuderte Ascosporen aus freilebendem Material	—
Erfrierungswunden mit flüssiger Luft	Myzel aus 1-Sporkultur	(+)?

Eine letzte Methode bestand darin, künstliche Frostwunden auf den Ästen zu erzielen oder austreibende Knospen abzufrieren. Ich verwendete dazu flüssige Luft. Diese Versuche wurden an Freiland-Eschen und an frühgetriebenen Eschentopfpflanzen ausgeführt. (Die Topfpflanzen wurden Ende Januar in ein Warmwasserbad von 30,5° C während 14 Stunden getaucht; nach 4 Wochen trieben sie im geheizten Gewächshaus aus.) Die Seitenzweige wurden 2—5 cm tief, während etwa 10 Sekunden, in flüssige Luft getaucht, oder es wurden an verschieden alten Ästen mit stark unterkühlten Eisen- oder Glasstäben Frostwunden angebracht. Die Weiterbehandlung mit reinkultiviertem Myzel war gleich wie bei den Verbrennungswunden. An den freilebenden Versuchsbäumen schloß ein Kallusgewebe schon nach einigen Monaten nach der Verwundung und Infektion den toten Teil vom lebenden ab. Bis jetzt, nach ca. einem Jahr, konnten auf den toten Teilen nur vereinzelte Mikrosporenbehälter beobachtet

werden. Bei den frühgetriebenen Topfpflanzen, die durch diese Eingriffe etwas geschwächt wurden, zeigte sich meistens keine Kallusbildung. Die umgebenden Gewebe der grünen Rinde waren leicht verfärbt, und es ist anzunehmen, daß der Pilz sich auf lebendes Gewebe auszudehnen beginnt. Auch hier waren nur vereinzelte Mikrokonidienbehälter zu erkennen.

4. Spezialisierung

Nach den Literaturangaben und dem Herbarmaterial ist festzustellen, daß folgende Wirtspflanzen von *H. fraxini* besiedelt werden können:

Fraxinus excelsior L.
Fraxinus Ornus L.
Fraxinus Pennsylvanica C. K. Schneid.
Fraxinus Oregona Nutt.
Olea europaea L.
Syringa vulgaris L.
Ligustrum vulgare L.
Jasminum fruticans L.
Viburnum Lantana L.
Cornus sanguinea L.
Catalpa sp.
Bignonia (Catalpa) sp.
Acer sp.
Populus tremula L.
Juglans regia L.
Corylus Avellana L.
Fagus silvatica L.

Es wurden daher oft Varietäten, ja sogar neue Arten aufgestellt, wie *Hysterium oleastri*, *Hysterographium oleae*, *Hysterographium fraxini* var. *ligustri*, — var. *oleastri*, — fa. *olea*, — f. *Orni*, — f. *catalpae*, — f. *populi*, usw. Dies führte mich dazu, eine Reihe von verschiedenen Bäumen und Sträuchern, die im Versuchsgarten unseres Institutes, im Botanischen Garten der Universität Zürich und im elterlichen Garten in Thalwil standen, in die Infektionsversuche einzubeziehen. Die Infektionen wurden mit demselben 1-Spormyzel durchgeführt. Die Resultate sind in Tabelle 12 wiedergegeben.

Die Befallsbilder sind bei allen untersuchten Wirtspflanzen dieselben.

Wir sehen daraus, daß von den wahllos für die Infektionsversuche herausgegriffenen Wirtspflanzen, die sich von den niedersten *Gymnospermen* bis zu den höchst entwickelten *Angiospermen* erstrecken, alle als solche für *H. fraxini* in Betracht kommen. Bei denjenigen Wirtspflanzen, die durch zu starke Harzbildung oder zu starke Überwallung usw. dem Pilz die Ansiedlungsmöglichkeit entziehen, sind für die scheinbare Resistenz nur äußerliche Gründe verantwortlich. *Hysterographium fraxini* ist nicht spezialisiert.

Tavel hat 1890 (Herbarmaterial) auf dem Ütliberg bei Zürich den Pilz als reinen Saprophyten auf dem Holz einer Bank gefunden, was durchaus möglich ist, wenn wir in Betracht ziehen, daß *H. fraxini* seine Fruchtkörper auch auf Nährböden ausbildet. Der Pilz braucht nicht unbedingt parasitisch zu leben.

Zusammenfassend können wir sagen, daß *Hysterographium fraxini* ein nicht-spezialisierter fakultativer Saprophyt ist (Nomenklatur nach Fischer, E. und Gäumann, E., 1929, p. 2), der zu seinem Start eine Wunde mit totem Gewebe benötigt und von da aus nur auf geschwächten

Tabelle 12

Ergebnisse der Infektionsversuche auf den benützten Wirtspflanzen

Wirt	Fruchtkörperbildung	Wirt	Fruchtkörperbildung
Oleaceae:		*Vitaceae:*	
Fraxinus excelsior L.	++	*Vitis vinifera* L.	++
Fraxinus Ornus L.	++	*Anacardiaceae:*	
Olea europaea L.	++	*Rhus typhina* L.	+
Ligustrum vulgare L.	++	*Hamamelidaceae:*	
Syringa vulgaris L.	++	*Hamamelis Virginiana* L.	+
Forsythia sp.	0	*Lauraceae:*	
Jasminum sp.	+	*Laurus nobilis* L.	+
Osmanthus aquifolium Sieb.	++	*Magnoliaceae:*	
Caprifoliaceae:		*Magnolia tripetala* L.	0
Lonicera alpigena L.	++	*Liriodendron tulipifera* L. var. *Pyramidale* Lav. ex Rehd.	+
Lonicera Tatarica L.	+	*Ulmaceae:*	
Sambucus nigra L.	0	*Celtis australis* L.	(++)
Viburnum Lantana L.	+	*Ulmus campestris* L. var. *pendula* Dippl.	+
Diervilla intermedia Zahlbr.	(++)	*Moraceae:*	
Apocyanaceae:		*Morus alba* L.	+
Nerium Oleander L.	+	*Betulaceae:*	
Cornaceae:		*Betula* sp.	++
Cornus mas L.	+	*Alnus viridis* (Chaix) Lam. et DC.	++
Gramineae:		*Corylus Avellana* L.	0
Phyllostachis nigra Munro	+	*Fagaceae:*	
Elaeagnaceae:		*Fagus silvatica* L.	++
Hippophaë rhamnoides L.	(++)	*Quercus Robur* L.	++
Rosaceae:		*Juglandaceae:*	
Rosa sp.	+	*Pterocarya fraxinifolia* Spach.	0
Prunus fruticosa Pall.	++	*Salicaceae:*	
Pyrus Malus L.	++	*Salix* sp.	+
Pyrus communis L.	+	*Abietaceae:*	
Ribes sangineum Purst.	+	*Picea excelsa* (Lam.) Link.	++
Spiraea Japonica L.	+	*Picea Engelmanni* Engelm.	—
Crataegus coccinea L.	+	*Abies Cephalonica* Loud.	+
Cotoneaster horizontalis Dcne.	+	*Pinus montana* Miller	—
Papilionaceae:		*Larix decidua* Miller	++
Laburnum anagyroides Medikus	(++)	*Tsuga Canadensis* Carr.	+
Gleditschia triacanthos L.	(++)	*Cupressaceae:*	
Caragana arborescens Lam. var. *pendula* Dippl.	(++)	*Biota orientalis* Endl.	?
		Thuja occidentalis L.	+
		Taxaceae:	
		Taxus baccata L.	?

++ : Haupt- und Nebenfruchtformen voll ausgebildet.

(++) : Haupt- und Nebenfruchtformen im Zeitpunkt der Untersuchung noch jung, hervorbrechend, aber doch deutlich erkennbar.

+ : Nebenfruchtformen. Hauptfruchtformen im Zeitpunkt der Untersuchung noch nicht ausgebildet.

0 : Weder Haupt- noch Nebenfruchtformen wegen zu starker Überwallung der Wundränder ausgebildet.

— : Weder Haupt- noch Nebenfruchtformen wegen zu starker Harzbildung ausgebildet.

? : Weder Haupt- noch Nebenfruchtformen aus irgendwelchen anderen äußeren Gründen entstanden.

Wirtspflanzen zu einem immer weiter um sich greifenden Befall übergehen kann, der in extremen Fällen die ganze Wirtspflanze zugrunde zu richten vermag.

Dasselbe gilt auch für die übrigen Wirtspflanzen, insbesondere für *Olea europaea.*

C. Entwicklungszyklus

1. Entwicklungszyklus in Reinkultur

a) Nebenfruchtform.

Zuerst kommen in den 1-Sporkulturen meistens (aber nicht immer) Mikrokonidien zur Ausbildung. Sie entstehen auf schwarzen, kohligen, flachen Lagern, in Höhlungen im Agar, oder in eigenen, auf dem Agar

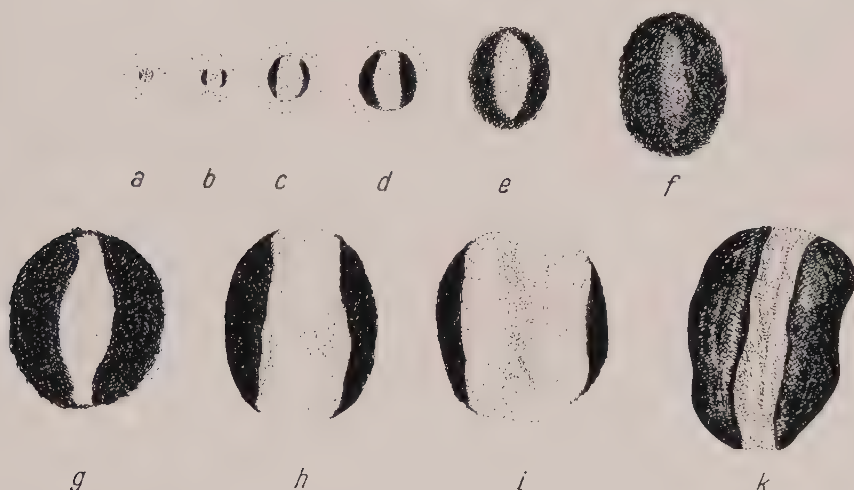


Abb. 10
Fruchtkörperentwicklung unter Lupenvergrößerung.
a—f: Entwicklung bis zum Auftreten von Asci und reifen Ascosporen.
g - i: Herauswachsen des Pseudotheziums; Verbreiterung der Spalte.
k: Alter, mehr oder weniger geschlossener Fruchtkörper aus etwas eingetrockneter Kultur.
Vergr. 15 mal.

sitzenden Gehäusen mit einer oder mehreren Kammern. Die flachen Lager können sich über mehrere Millimeter ausdehnen, während die Höhlungen und die kugeligen Gehäuse meist 0,2—0,5 mm groß werden (vergl. Kapitel Biologie, Abb. 1).

Die Mikrokonidien werden an einfachen oder verzweigten Sterigmen abgeschnürt (vergl. Kapitel Biologie, Abb. 6), die sich am Grunde zu einem plektenchymatischen dunklen Gewebe mit schwarzer Substanz, die zwischen den Hyphen eingelagert wird, verflechten. Im Vergleich zu den Hauptfruchtformen ist dieses Gehäuse dünner und zarter. Bei der Reife bröckelt die Deckwand papillenförmig aus, und die Mikrokonidien werden als

weißes Tröpfchen ins Freie gepreßt (vergl. Kapitel Biologie, Abb. 1 b und c). In Reinkultur bleiben sie auf dem Gehäuse haften und keimen hier nach einiger Zeit zu einem leichten weißen Myzel aus, das Pyknidien oder flache Lager zu bilden imstande ist.

b) Hauptfruchtform.

Mit Lupenvergrößerung läßt sich beobachten, daß die Fruchtkörperanlagen zuerst als kleine weiße Ansammlungen von Myzel meist im Agar, seltener im Luftmyzel auftreten (Abb. 10 a). Diese werden seltener an der ganzen Peripherie, meistens auf zwei sich gegenüberliegenden Seiten des Häufchens dunkelbraun. Die Verbräunung nimmt zu, bis schließlich im durchfallenden Licht keine hellere Partie mehr zu unterscheiden ist, da sich der Gehäuseboden gebildet hat (Abb. 10, a—f). Selten tritt in diesem Stadium eine gut ausgebildete Spalte auf, obschon der Fruchtkörper reife Ascosporen enthält. Die Fruchtkörperdecke erscheint verfilzt, ohne die ausgeprägte Gestalt der freilebenden Fruchtkörper zu besitzen.

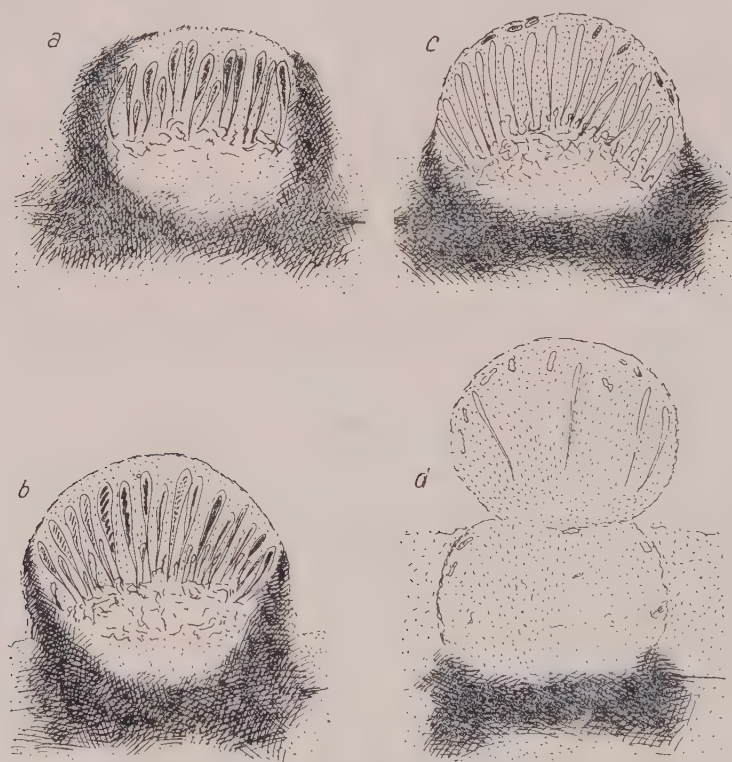


Abb. 11
Fruchtkörperentwicklung.
a—c: Heraustreten des Pseudotheziums aus den Fruchtkörperwänden.
d: Regenerierter, ein zweites Mal ausgewachsener Fruchtkörper.
Vergr. 25 mal.

Die Spalte tritt erst bei zunehmender Austrocknung der Kulturen deutlich hervor. Sie ist jedoch breiter als bei den freilebenden Fruchtkörpern (Tafel II, Abb. 3). Die helle Innenpartie wächst intensiv mit fortschreitender Ascus- und Sporenentwicklung. Das Pseudothezium tritt oben aus den dunklen pseudoparenchymatischen Wänden hervor, wächst halbkugelig weiter und verdrängt das ursprüngliche, dunkle Gehäuse ganz, so daß dieses schließlich nur noch den Grund des jetzt hellbraunen Fruchtkörpers bildet. Diese Halbkugel besteht aus alten Asci mit alten, geschrumpften Sporen und den leicht verschleimten pseudoparaphysoiden Interthezialfasern. Die äußeren Hyphen des sich vorwölbenden Pseudotheziums färben sich braun und bilden so eine sekundäre, zarte Gehäusewand (Abb. 11, a—c). Werden die Kulturen weiter feucht gehalten, so schrumpfen die Sporen, da sie nicht mehr ejakuliert werden können, zusammen und gehen zugrunde. Der Fruchtkörper ist imstande, sich zu regenerieren, indem die sekundären ascogenen Hyphen und das Pseudothezium ein zweites Mal auswachsen. Es wird eine zweite Fruchtschicht auf der ersten angelegt, in der wiederum Asci und Ascosporen zur Entwicklung gelangen. Dieser neue Fruchtkörper besitzt keine feste Wand mehr, sondern nur die dünne, braune Außenschicht, die durch leichtes Verbräunen der peripheren vegetativen Hyphen zustande kommt (Abb. 11 d).

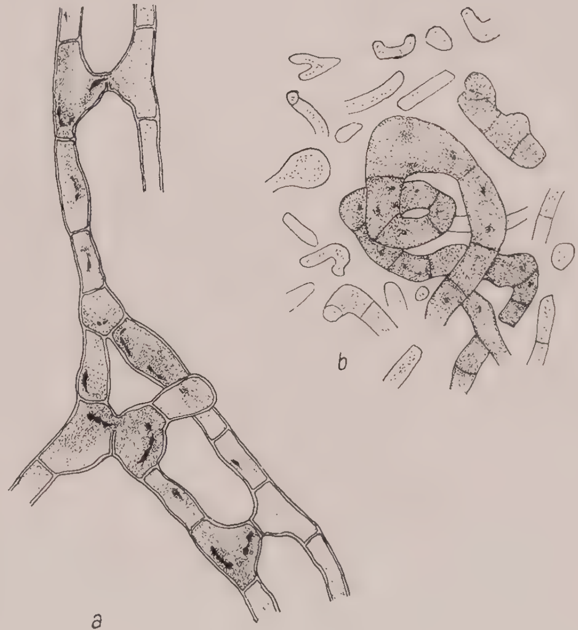


Abb. 12
a) Somatogame Hyphenkopulation mit Kern- und Plasma-Übertritten. Vergr. 2400 mal.
b) Junge Ascogonanlage. Vergr. 1500 mal.

Für die zytologischen Untersuchungen eignet sich *Hysterographium fraxini* schlecht, da die Kerne in gewissen Stadien klein sind und daher leicht mit andern Zelleinschlüssen verwechselt werden können. Es lassen sich daher nicht alle Entwicklungsvorgänge abklären.

Im vegetativen Hyphengeflecht werden zuerst verdickte, stärker färbbare Zellen sichtbar (Abb. 15 a), die sich unregelmäßig zu großen Knäueln, d. h. zu jungen Ascogonien winden (Abb. 12 b).

Die vegetativen Hyphen sind meistens einkernig (?). Daneben kommen vegetative Hyphenzellen mit wahrscheinlich mehreren Kernen vor. Die Tendenz der vegetativen Hyphen, Anastomosen zu bilden, ist auffallend groß. Neben vegetativen Anastomosenbildungen beobachtete ich solche, bei denen die in Fusion begriffene Zelle des einen Partners leer, die andere mit Plasma und mehreren Kernen (?) stark gefüllt war, so daß mir ein Kern- und Plasmaübertrit (also ein somatogamer Sexualakt) als sicher erscheint. In einzelnen Fällen konnten Kern(?)übertritte direkt festgestellt werden (Abbildung 12a).

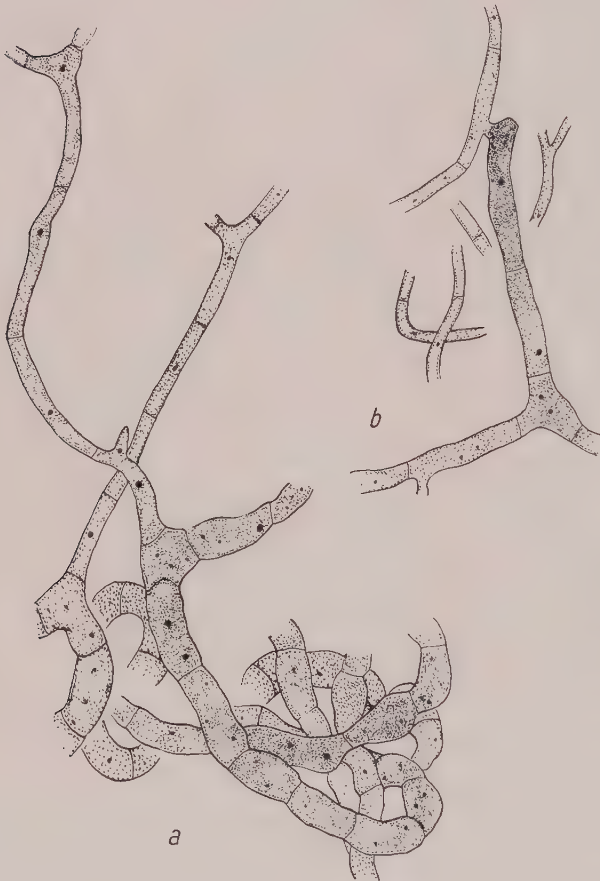


Abb. 13
a) Vegetatives Auswachsen von Ascogonzellen. Vergr. 1500 mal.
b) Kopulation einer Empfängnishyphe mit einer vegetativen Hyphe. Vergr. 1500 mal.

Die Ascogonien besitzen in jungen Stadien noch blasigen Inhalt wie die vegetativen Hyphen und einen oder mehrere Kerne (?). Bald verdichtet sich der Zellinhalt und färbt sich intensiv mit Hämatoxylin, so daß die jungen Ascogonien auf den ersten Blick von dem vegetativen Myzel unterschieden werden können. Für einen einzigen Fruchtkörper bilden sich mehrere solcher Ascogonien aus; es liegt eine polytope Entstehungsweise vor (Abbildung 15 b). Im Verlaufe der Entwicklung können die Ascogonien ineinander übergehen oder getrennt bleiben. Mit dem Wachstum der Ascogonknäuel beginnen sich die umliegenden vegetativen Hyphen braun zu färben: Erste Anlage der pseudoparenchymatischen Gehäusewand, die aus einfachen Hyphen zusammengesetzt ist, deren Zellwände sich mehr und mehr verdicken und bräunen und auf ihrer Oberfläche schwarze körnige Substanz absondern (Abb. 15 c und d). Auf der Agaroberfläche entwickelt sich Luftmyzel, das sich an

der Peripherie ebenfalls braun färbt. Bei der Reife der Ascogonien entstehen weder Antheridien noch Antheridien-ähnliche Gebilde; diese sind offenbar bei *Hysterographium fraxini* rückgebildet. Von den Ascogonien selbst werden keine Trichogyne mehr ausgebildet; sie wachsen vegetativ weiter, indem aus irgendwelchen Ascogonzellen lange, fädige, verzweigte Hyphen heraustreten (Abb. 13a; Tafel III, Abb. 3).

Diese vegetativen Auswüchse können mit gewöhnlichen vegetativen Hyphen und vielleicht auch mit Mikrokonidien (was aber nicht sicher beobachtet werden konnte) kopulieren. Sie sind demnach als Empfängnishyphen zu bewerten. In einem Fall konnte ich eine solche Kopulation zwischen der Spitze einer Empfängnishyphe mit einer vegetativen Hyphe des Luftmyzels beobachten: Die vegetative Hyphe des Luftmyzels war mit Hämatoxylin nicht färbbar, also leer, währenddem die Spitze der Empfängnishyphe viel intensiver gefärbt wurde als ihre übrigen Teile.

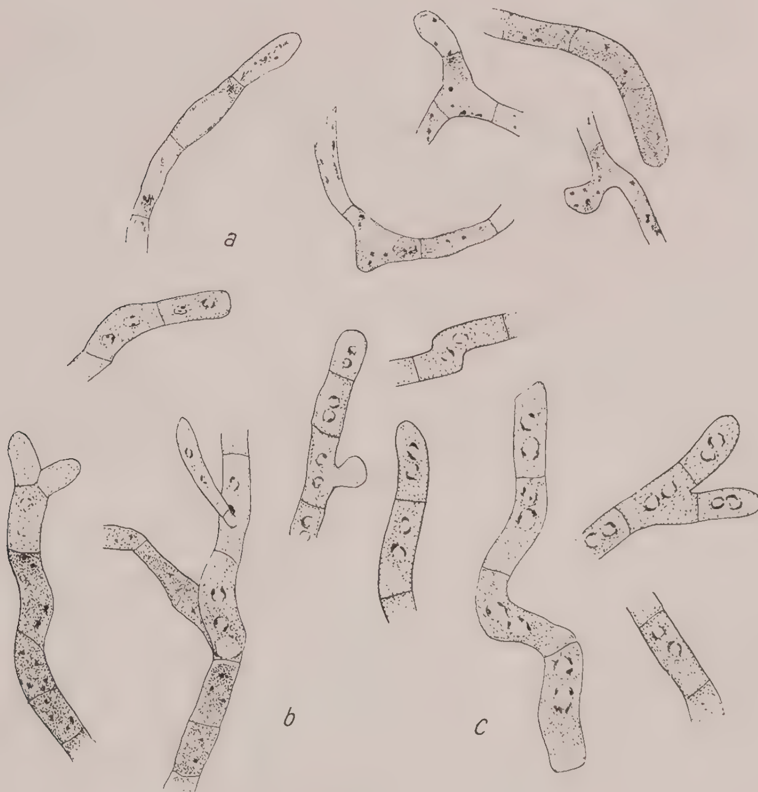


Abb. 14
a) Primäre ascogene Hyphen. Vergr. 1500 mal.
b) Auswachsen der primären ascogenen Hyphen zu sekundären ascogenen Hyphen. Vergr. 1500 mal.
c) Sekundäre ascogene Hyphen. Vergr. 1500 mal.

Dabei standen die beiden Hyphen in offener Kommunikation miteinander. Es darf mit Sicherheit angenommen werden, daß hier eine Kopulation, d. h. ein Kern- und Plasmaübertritt, erfolgte (Abb. 13 b).

Zur selben Zeit kommen immer noch Anastomosen mit Kern- und Plasma-Übertritten zwischen vegetativen Hyphen irgendwo im Myzel, aber auch innerhalb des sich bildenden Fruchtkörpers vor. Wahrscheinlich wandern die Kerne in die Ascogonien ein und geben so den Anlaß zur Weiterentwicklung. Die befruchteten Ascogonien wachsen zu primären ascogenen Hyphen aus mit wahrscheinlich mehrkernigen Zellen. Ihr Inhalt ist dicht, die Kerne klein (Abb. 14 a).

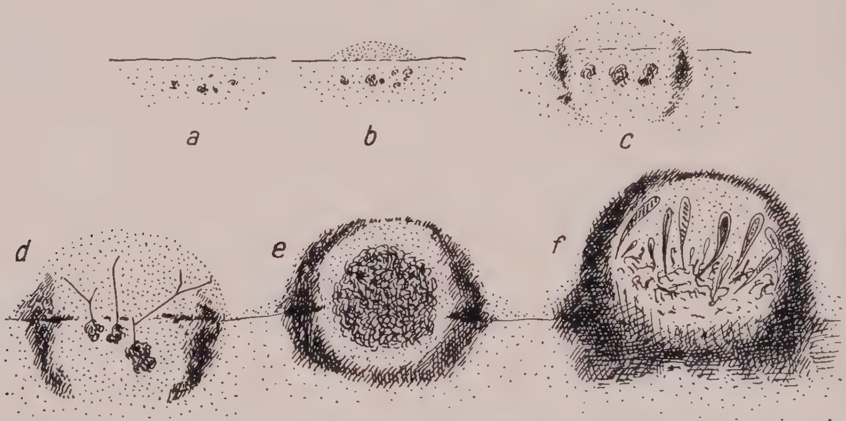


Abb. 15
Verschiedene Entwicklungsstadien.
a) Junge Ascogonanlagen. b) Bildung von Luftmyzel. c) Beginn der Gehäuseentwicklung. d) Vegetatives Auswachsen der reifen Ascogonien; Zeitpunkt der Kopulation. e) Primäre ascogene Hyphen. f) Reifer Fruchtkörper mit Asci und Ascosporen. Vergr. 25 mal.

Die Fruchtkörperwände umschließen in diesem Stadium fast vollständig die ganze Fruchtkörperanlage. Zwischen den dunkeln, wandbildenden Hyphen sondert sich eine schwarze, körnige Substanz ab, so daß sich allmählich ein im Querschnitt kugeliges, kohliges Gehäuse herausdifferenziert, das im Innern neben den befruchteten oder schon zu primären ascogenen Hyphen ausgewachsenen Ascogonien noch viele dünne, vegetative, stark verzweigte, wenig gefärbte und oft etwas verschleimte Hyphen (die späteren pseudoparaphysoiden Interthezialfasern) enthält (Abb. 15 e).

Die primären ascogenen Hyphen wachsen wirr zwischen den vegetativen Hyphen durch. Das Gehäuse weitet sich und wird über die Agaroberfläche emporgehoben. Die Fruchtkörperwände sind dick, schwarz und spröde. Nach einiger Zeit wachsen die primären ascogenen Hyphen zu

kurzen, wenig verzweigten, geraden oder leicht gekrümmten, sekundären ascogenen Hyphen aus (Gäumann, 1926, p. 129; 183), deren Zellen je zwei große, deutlich erkennbare, bläschenförmige Kerne und, im Vergleich zu den primären ascogenen Hyphen, helles, blasiges Plasma aufweisen. Sie sind morphologisch von den primären ascogenen Hyphen leicht zu unterscheiden (Abb. 14 b und c). Die sekundären ascogenen Hyphen wachsen im Verhältnis zu den primären ascogenen Hyphen nur eine kurze Strecke weit. Das Auswachsen der Asci (Abb. 15 f) geschieht wahrscheinlich nach dem *Pyronema*typus (mit Hakenbildung). Die mikroskopische Untersuchung dieses Entwicklungsschrittes gestaltet sich bei *Hysterographium fraxini* schwierig, da sich die Hyphenwände nur schlecht von der sie umgebenden Materie abheben. Auch mit Kontrastfärbungen (Lichtgrün in Nelkenöl, Flemming'sche Dreifachfärbung u. a. m.) kam ich nicht zum Ziel. Ferner lassen sich die Kernteilungsfiguren nicht deutlich erkennen. Der junge Ascus wächst in die Länge, das Kernpaar wandert hinaus. Die Kerne verdichten ihren Inhalt und verschmelzen. In diesem Zustand wächst der Ascus meist bis zur normalen Größe heran; auch die Ascuswand erhält ihre normale Dicke. Sie ist zweischichtig: eine dünne äußere und eine dicke innere Schicht, ohne speziellen Öffnungsmechanismus, so daß *Hysterographium fraxini* zu den inoperkulaten Formen gezählt werden muß. Es erfolgen die drei üblichen Kernteilungen mit Reduktionsteilung. Die so entstandenen 8 Kerne sind wiederum klein. Es entstehen einzellige, dann 2-, dann 4-, dann 6- und 8-zellige, hyaline Sporen, die sich parenchymatisch teilen und braun färben. Die Keimfähigkeit der parenchymatischen (mauerförmigen) Sporen ist schon mit beginnender Braunfärbung vorhanden: sie werden meist erst nach erfolgter Braunfärbung ejakuliert. Bei der Ejakulation platzt die äußere Wand unregelmäßig und die innere spritzt hervor, so daß die Sporen zusammen ausgeschleudert werden.

2. Entwicklungszyklus von freilebendem Material.

Die Entwicklung der Hauptfruchtform läßt sich im durchscheinenden Licht gut verfolgen, wenn diese in dem dünnen, von der Rinde entblößten Bastgewebe vor sich geht. Zuerst lassen sich, wie in Reinkultur, kleine, hellbraune Flecken mit braunem, ovalen Rand und einer schmalen Spalte erkennen. Entwickelt sich die Hauptfruchtform in der Rinde, so läßt sich äußerlich nur ein kleiner Buckel erkennen, der aufreißt und die beiden schwarzen Lippen des Fruchtkörpers hervortreten läßt. Die Spalte ist von Anfang an ausgebildet und geht nicht durch Zerreißen eines anfangs vollständig geschlossenen, kugeligen Gehäuses hervor.

Als erstes Stadium beobachtete ich ein pseudoplektenchymatisches, braunes Myzelhäufchen, das von der Rinde bedeckt war, und in welchem sich dicke, stark färbbare Hyphen nachweisen ließen. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um junge Ascogonien. Das vegetative Auswachsen

der Ascogonzellen konnte ich nicht beobachten, wohl aber einige somatogame Hyphenkopulationen zwischen vegetativen Hyphen, die zwischen die aufgesprengten Rindenteile eingelagert waren. Auch hier beobachtete ich Kern- und Plasmaübertritte, wie sie in Reinkultur festzustellen sind. In etwas älteren Stadien werden die stark färbbaren primären ascogenen Hyphen, mit gleichem Aufbau wie in Reinkultur, sichtbar, die sich jedoch mehr an den Grund des sich bildenden Gehäuses schmiegen (Abb. 16a).

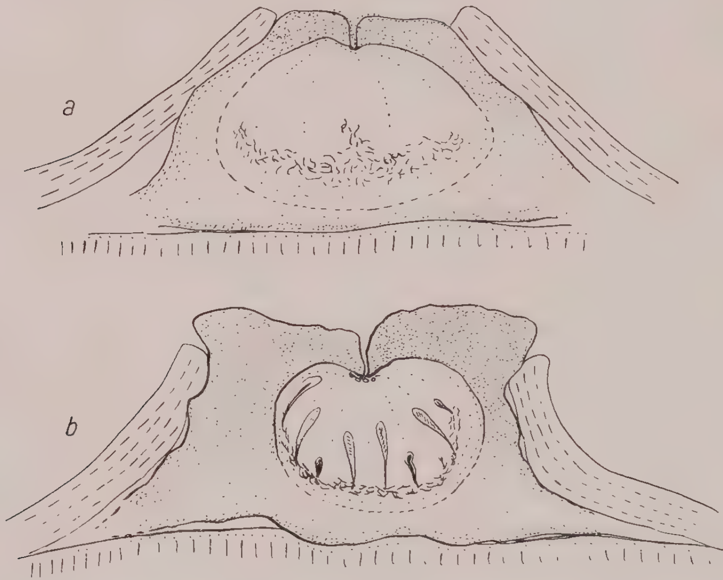


Abb. 16

a) Querschnitt durch einen jungen, freilebenden Fruchtkörper mit primären ascogenen Hyphen. Vergr. 40 mal.

b) Querschnitt durch ein freilebendes Gehäuse bei beginnender Ascusentwicklung. Vergr. 40 mal.

Die primären und sekundären ascogenen Hyphen sind ebenfalls morphologisch von einander unterschieden, lassen sich aber nur am Grund des Gehäuses und seitlich bis auf halbe Höhe des Fruchtkörpers an die Wände gedrängt feststellen. Der übrige Teil des Pseudotheziums ist, wie in Reinkultur, mit feinem, fädigem Myzel, den späteren Interthezialfasern, ausgefüllt. Die gehäusebildenden Hyphen sondern mehr schwarze, körnige Substanz ab und sind dichter verknäuelt als in Reinkultur, so daß das Gehäuse härter und brüchiger wird und somit seine ausgeprägtere Form erhält. Die Gehäusewanddicke ist zum Teil in jungen Stadien schon voll ausgebildet, erreicht aber ihre Festigkeit erst bei abgeschlossener Entwicklung. — Es kann vorkommen, daß schon junge, hervorbrechende Fruchtkörper reife Ascosporen enthalten; meist wird der Reifezustand

erst in äußerlich ausgewachsenen Gehäusen erreicht. Regenerierte alte Fruchtkörper konnte ich bei freilebendem Material nie beobachten, oft aber ein aus dunklen Hyphen bestehendes stromatisches Gewebe, auf dem die Fruchtkörper sitzen.

Der Entwicklungszyklus ist bei freilebendem Material ungefähr der gleiche wie in Reinkultur.

3. Sexualität und Entwicklungsstufe.

Dem Vorliegenden können wir Folgendes entnehmen:

1. *H. fraxini* ist homothallisch.
2. Die männlichen Sexualorgane sind rückgebildet.
3. Die weibliche Komponente vermag keine Trichogyne mehr auszubilden. Die Ascogonien wachsen vegetativ aus. Diese Auswüchse können mit vegetativen Gebilden (Hyphen oder Mikrokonidien) kopulieren (Empfängnishyphen).
4. Zwischen vegetativen Hyphen kommen somatogame Kopulationen vor und zwar unabhängig von den Ascogonien.

H. fraxini steht auf der gleichen Rückbildungsstufe wie *Neurospora sitophila* bei den *Sphaeriales* (Gäumann, 1940, p. 485—488). Die Mikrokonidien stellen in diesem Beispiel vegetative Gebilde dar und verlieren jeglichen Anspruch auf primär differenzierte männliche Sexualorgane. Bei *H. fraxini* ist zu beobachten, daß diese keimen und beim Weiterkultivieren zu großen Myzelien heranwachsen, auf denen bis jetzt wiederum Mikrokonidien zur Ausbildung gelangten. Ferner ist in diesem Fall zu beobachten, daß Hauptfruchtformen in jungen Kulturen entstehen können, ohne vorherige Mikrokonidienbildung, und daß gegebenenfalls die Empfängnishyphen mit irgendwelchen vegetativen Hyphen kopulieren. Die Mikrokonidien verhalten sich gleich wie irgendwelche vegetative Elemente (vergl. Gäumann, 1940, p. 491; 501). Der Entwicklungszyklus zeigt, daß zuerst die jungen Ascogonien irgendwo im Myzel angelegt werden. Erst mit ihrem Wachstum beginnt sich durch Verflechten von Hyphen ein stromatisches Gewebe (spätere Fruchtkörperwand) zu bilden. Die Fruchtkörperwände gehen nicht durch 3-dimensionale Teilung hervor, wie es bei verschiedenen ascolocularen Formen der Fall ist (Nannfeldt, 1932, p. 28). Es handelt sich dabei nur um eine gewöhnliche Verknäuelung von Hyphen. Erst später nimmt dieses Gewebe einen pseudoparenchymatischen Aufbau an (nach Hilitzer, 1929, „Melanchym"), der aber nur durch die Einlagerungen zwischen den Hyphen und durch die dickwandigen, stark verknäuelten, braunen wandbildenden Hyphen zustande kommt. Das Pseudothezium zeigt den typisch ascolocularen Aufbau.

II. Teil

Untersuchungen über die Gattung *Hysterographium* Corda

In den vorliegenden Untersuchungen einiger Arten der Gattung *Hysterographium* sind keine Arten der Gattung *Gloniopsis* (gleiche Fruchtkörper- und Sporenformen wie *Hysterographium*, Sporen aber hyalin) mit einbezogen. Nach den heutigen Kenntnissen bleiben vorläufig die hyalinen Formen in dieser Gattung zusammengefaßt; wie weit diese Abspaltung richtig ist, steht heute noch nicht fest.

Das zur Untersuchung herangezogene Herbarmaterial stammt aus unserem Herbarium (einschließlich selbst gesammeltem Material) und aus demjenigen von Berlin. Für die einzelnen Exsiccaten lag im allgemeinen gutes Sporenmaterial vor, so daß sich die meisten Messungen auf je 200 Sporen beziehen. Mittelwert und Streuung wurden nach Johannsen (1913) ermittelt:

$$\text{Mittelwert } m = \frac{\Sigma p \cdot D}{n} + a$$

$$\text{Standardabweichung (Streuung) } \sigma = \pm \sqrt{\frac{\Sigma p \cdot D^2}{n} - (m - a^2)}$$

a = Anfangszahl im Maximum der Frequenz
D = Differenz zwischen Klassenmitte und Anfangszahl
p = Frequenz in den einzelnen Klassen
n = Gesamtzahl der Individuen.

Sicherheit zur Unterscheidung zweier Arten, gestützt nur auf die Größenunterschiede:

$$M_{\text{Diff.}} > \text{ca. } 3 \text{ mal } \pm \sqrt{\sigma_1{}^2 + \sigma_2{}^2}$$

$M_{\text{Diff.}}$ = Differenz der beiden Mittelwerte
σ_1 = Standardabweichung der 1. Art
σ_2 = Standardabweichung der 2. Art.

Im ersten Kapitel sind die untersuchten Arten unter ihrer alten Bezeichnung zusammengestellt; in einem weiteren Kapitel wird die Zusammenziehung dieser Arten vorgenommen und nach den bestehenden Nomenklaturregeln benannt (Briquet, 1935). Ich bin mir dabei bewußt, daß im Laufe der Zeit da und dort Abänderungen getroffen werden müssen, besonders dann, wenn die biologischen Verhältnisse besser bekannt sein werden.

A. Einzeluntersuchungen an 25 heute bestehenden Arten

1. *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not.

Synonymie: *Hysterium fraxini* Pers. (1801, Syn. meth. fung. p. 100).
Hysterographium fraxini (Pers.) de Not. (1847, Pir. ist. p. 22).
Sphaeria sulcata Bolt. (Fgi, tab. 124).
Hysterium oleastri Cast. (Pl. Marseille, p. 180).
Hysterographium minutulum Sacc. (Syll. 11)

Hysterographium oleae O. Schwarz (Phytopath. Zeitschrift, **6**, 1933, p. 103).
Hysterographium fraxini var. *oleastri* Desm. (Ann. sc. nat. Bot. sér. 3, **22**, p. 228—230).
„ „ fa. *oleae* (Herbar).
„ „ var. *ligustri* Rob. (In Desm. F. no. 565).
„ „ fa. *populi* (Herbar).
„ „ fa. *catalpae* (Herbar).
„ „ fa. *Orni* (Herbar).

Untersuchtes Material:

(1) *Hysterium fraxini* P. (C. A. J. A. Oudemans, Fungi Neerlandici Exsicc. 282). In Ramis *Fraxineis*. Bloemendaalich bosch. 24. Mai 1878. leg O.

(2) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. F. *oleastri* Desm. (Otto Jaap. Fungi selecti exsicc. 680.) An dürren Zweigen von *Olea europaea*. Dalmatien. Auf Lapad bei Ragusa. 19. März 1914. leg. Otto Jaap.

(3) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. (Herbarium J. A. Bäumler). Hungaria occ. Posonii. Hab. ad ramos *Fraxini excels*. Mai 1895. leg. J. A. Bäumler.

(4) *Hysterographium fraxini* (Pers) de Not. Forma *populi*. (Tranzschel et Serebrianikow. Mycoth. Rossica 82.) In ramis emortuis *Populi tremulae*. Schebekino. prov. Kursk. 16. August 1906. leg. Serebrianikow.

(5) *Hysterographium fraxini* (Pers) de Not. An dürren Zweigen von *Fraxinus Ornus*. Topčider bei Belgrad. leg. N. Ranjević.

(6) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. (Flora Danica.) Auf *Fraxinus excelsior*. Jylland, Knivholt ved Frederikshavn. 28. Juli 1906. leg. J. Lind.

(7) *Hysterographium fraxini* de Not. (Farlow Herb. of Harvard University). On branches of *Fraxinus Pennsylvanica*, Marsh. Vermount, Shelburn. 4. März 1880. leg, C. G. Pringle.

(8) *Hysterium fraxini* Pers. F. *Catalpae*. (C. Roumeguère. Fungi Gall. exsicc. 2569.) Sur les branches du *Bignonia Catalpa*. Environs de Bagnères de Bigorre (Hautes Pyrénées). Mai 1883. leg. Angèle Roumeguère.

(9) *Hysterographium fraxini* de Not. (Kryptogamae exsicc. 522). In ramulis emortuis *Fraxini excelsior*. Hungaria (occident) prope Preßburg. leg. et det. J. A. Bäumler.

(10) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. Forma *oleae*. (Rabenhorst Fungi europaei 356.) In ramulis *Oleae europaeae* prope Locarno in Helvetia insubria. leg. Monach Daldini.

(11) *Hysterographium fraxini* Pers. Forma *catalpae*. In ramis siceis *Catalpae*. Parma leg. G. Pollerini (?)

(12) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. gezüchtet in 1-Sporkultur auf Malzagar, aus Material von *Fraxinus excelsior* (!).

(13) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Fraxinus excelsior* (auf der Stammrinde einer ganz von *H. fraxini* abgetöteten Esche). Kt. Tessin: zwischen Contra und Mergoscia (bei Locarno). 2. Juni 1939 (!).

(14) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Fraxinus excelsior*. Kt. Zürich, Sihltal, bei Langnau-Gattikon. 20. April 1939 (!).

(15) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Fraxinus Ornus*. Kt. Tessin, zwischen Castagnola und Gandria (Lugano). 1. Juni 1941 (!).

(16) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Fraxinus Ornus*. Kt. Tessin, M. S. Salvatore. 30. Mai 1939 (!).

(17) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Olea europaea*. Kt. Tessin, zwischen Castagnola und Gandria (Lugano). 31. Mai 1939 (!).

(18) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Olea europaea*. Kt. Tessin, Neue Gandriastraße (Lugano). 1. Juni 1941 (!).

(19) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Ligustrum vulgare*. Kt. Tessin, Gandria (Lugano). 31. Mai 1939 (!).

(20) *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf *Ligustrum vulgare*. Walensee, Betlis. 21. Juni 1941. leg. Walo Koch.

Fruchtkörperformen und -größen: Die Fruchtkörper aus den Infektionsversuchen sind auf allen untersuchten Wirtspflanzen meist nur 0,3—0,5 mm (selten bis 1 mm) groß. Bei freilebendem Material auf Eschen erreichen sie oft eine Länge bis 2 mm. In vielen Fällen können auch kleinere (bis 0,3 mm lange) Fruchtkörper festgestellt werden.

Sporengrößen: Rehm (1881) gibt die Sporengrößen mit 36—40 × 15—20 μ an, Saccardo (1883) mit 34—46 × 16—18 μ, Saccardo (1895) für *H. minutulum* mit 33—40 × 15 μ, Rehm (1896) mit 36—40 × 15—20 μ, Bisby (1932) mit 30—40 × 15—20 μ, Schwarz, O. (1933) für *H. oleae* mit 26—32 × 10—14 μ.

Nebenfruchtform: Kickx (1867) beschrieb eine Nebenfruchtform (Spermatien in kugeligem, mit einem Porus sich öffnendem, schwarzem Gehäuse) mit linienförmigen geraden Spermatien. Da er keine Maße angibt, geht daraus nicht hervor, ob er die richtigen zu *H. fraxini* gehörenden Mikrokonidien beobachtete. Rostrup (1883, 1902) erwähnt als Nebenfruchtform walzenförmige, hyaline Stylosporen von 32—38 × 11 μ Größe, die aber mit *H. fraxini* nichts zu tun haben. Hilitzer (1929) beobachtete zum ersten Male die Nebenfruchtform, wie sie später in Reinkultur erhalten wurde. Er gibt die Mikrokonidien mit 3—6 × 1—1,5 μ an und bemerkt, daß diese Nebenfruchtform, von ihm als *Hysteropycnis fraxini* Hilitzer benannt, ähnlich den *Myxosporium*-Pyknidien ist, die Rostrup beschrieben hat. (Mit den eigenen Messungen stimmen diese Angaben überein, ebenfalls mit der Beschreibung). Lohman (1932) beschreibt eingehend die in Reinkultur erhaltene Nebenfruchtform von *H. fraxini*. Er zählt diese zum dritten, von ihm aufgestellten Typus: Längliche, zylindrische, gerade oder S-förmige Sporen, an länglich-keuligen Sporenträgern abgeschnürt. (Nach Lohman gehören zu diesem Typus ebenfalls *Hysterium pulicare*, *Hysterium insidens*, *Hysterographium vulvatum* und *Hysterographium minutum*. Über ihre Keimung siehe Kapitel Biologie). C. Ferdinandsen und C. A. Jörgensen (1938) benennen dieselbe Nebenfruchtform mit *Myxosporium Rostrupii* Ferd. et Jörg. N. F. Buchwald (1939) schließt sich dieser Benennungsweise an. Ich möchte ebenfalls diese Benennung beibehalten, da die Gattung *Myxosporium* schon von Link (1825) aufgestellt wurde. *Hysteropycnis fraxini* Hilitzer und *Myxosporium Rostrupii* Ferd. et Jörg. sind Synonyme für die Nebenfruchtform von *H. fraxini*.

Kultur (siehe Kapitel Biologie).

Wirtswahl: *H. fraxini* ist nicht spezialisiert. (Siehe Kapitel Pathologie).

Verbreitung: *H. fraxini* ist ein Kosmopolit. Der Pilz kann bis auf eine Höhe von 1500 m ü. M. steigen, soweit als die Eschen wachsen.

Größen der Sporen aus Herbarmaterial und Infektionsversuchen: Aus den eigenen Sporenmessungen gehen die Größen, zusammengestellt in Tabelle 13, hervor.

Tabelle 13

Mittelwerte und Streuungen von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf verschiedenen Wirten (Herbarmaterial und selbst gesammeltes Material)

Laufende Nummern	*Fraxinus excelsior* L.		Laufende Nummern	*Ligustrum vulgare* L.	
	Länge in μ	Breite in μ		Länge in μ	Breite in μ
12.	41,0 ± 4,71	15,5 ± 1,44	19.	33,5 ± 2,59	16,1 ± 1,84
3.	32,6 ± 3,21	16,4 ± 1,75	20.	36,5 ± 3,06	15,8 ± 1,42
6.	36,0 ± 4,18	15,5 ± 1,61		*Populus tremula* L.	
9.	36,6 ± 3,00	15,6 ± 1,43			
13.	35,5 ± 3,12	15,6 ± 1,70	4.	38,6 ± 4,05	16,4 ± 1,59
14.	41,4 ± 3,25	17,2 ± 1,42		*Catalpa* sp.	
	Fraxinus Ornus L.		8.	39,7 ± 3,79	17,7 ± 1,43
15.	31,6 ± 2,95	14,0 ± 1,55	11.	36,0 ± 3,62	16,2 ± 1,67
16.	37,9 ± 3,36	14,1 ± 1,26		Malzagar	
	Fraxinus Pennsylvanica C. K. Schneid.		12.	41,0 ± 4,71	15,5 ± 1,44
7.	40,8 ± 3,56	16,6 ± 0,93			
	Olea europaea L.				
17.	46,0 ± 3,74	18,2 ± 1,41			
18.	35,5 ± 3,04	15,8 ± 1,45			
10.	36,7 ± 3,52	17,9 ± 1,77			
2.	32,4 ± 2,84	13,3 ± 1,63			

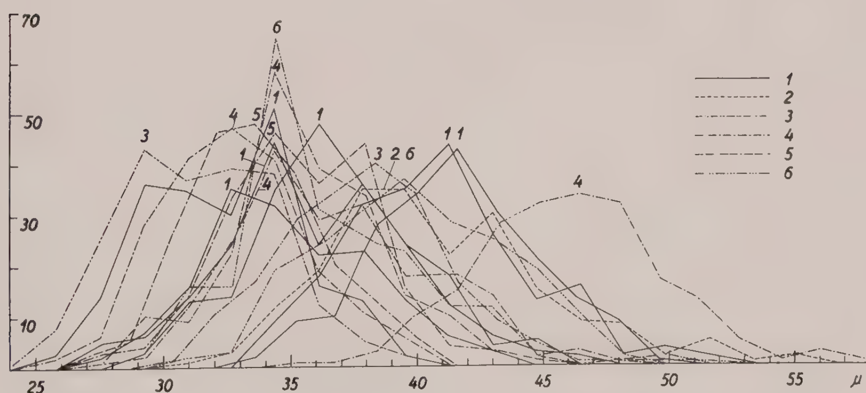


Abb. 17

Längenkurven von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf verschiedenen Wirtspflanzen:

1. auf *Fraxinus excelsior* L.; 2. aus Einsporkultur; 3. auf *Fraxinus Ornus* L.; 4. auf *Olea europaea* L.; 5. auf *Ligustrum vulgare* L.; 6. auf *Catalpa* sp.

Der größte Mittelwert für die Sporenlängen liegt bei 46,0 ± 3,74 μ *(Olea)*, der kleinste bei 31,61 ± 2,95 μ *(Fraxinus Ornus)*, der größte Mittelwert für die Sporenbreiten bei 18,2 ± 1,41 μ *(Olea)*, der kleinste bei 13,3 ± 1,63 μ *(Olea)*. Die häufigsten Mittelwerte liegen bei 35 und 36 μ für die Längen, bei 15 und 16 μ für die Breiten (Abb. 17).

Die Sporengrößen, hervorgegangen aus den Infektionsversuchen mit der gleichen 1-Sporkultur, sind aus Tabelle 14 ersichtlich.

Tabelle 14

Mittelwerte und Streuungen einiger Infektionsversuche auf verschiedenen Wirtspflanzen, ausgeführt mit 1-Spormyzel von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not.

Wirt	Länge in μ	Breite in μ
a) *Olea europaea* L.	36,0 ± 3,65	14,0 ± 1,44
b) *Olea europaea* L.	35,6 ± 2,94	14,8 ± 1,45
c) *Ligustrum vulgare* L.	36,7 ± 2,96	16,0 ± 1,46
d) *Prunus fruticosa* Pall.	36,2 ± 2,68	13,6 ± 1,86
e) *Pyrus Malus* L.	38,8 ± 3,58	15,7 ± 1,60
f) *Vitis vinifera* L.	36,6 ± 3,04	17,0 ± 1,40
g) *Alnus viridis* DC.	38,8 ± 2,92	16,3 ± 1,12
h) *Alnus viridis* DC.	35,5 ± 3,54	16,4 ± 1,41
i) *Alnus viridis* DC.	38,3 ± 3,32	15,0 ± 1,50
k) *Betula* sp.	41,7 ± 4,28	17,0 ± 1,23
l) *Quercus Robur* L.	34,2 ± 2,87	13,7 ± 1,42
m) *Picea excelsa* (Lam.) Link	35,5 ± 2,76	16,6 ± 0,98
n) *Fagus silvatica* L.	(29) 30 — 40 (41)	13 — 17

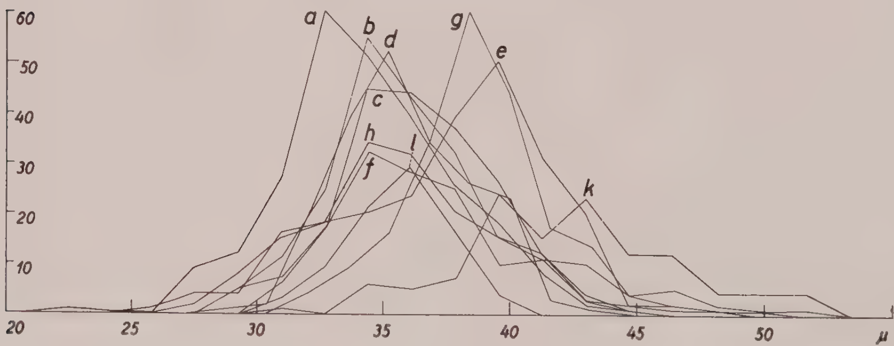


Abb. 18

Längenkurven von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. aus Infektionsversuchen, durchgeführt mit derselben 1-Sporkultur:
a) und b) auf *Olea europaea* L.; c) auf *Ligustrum vulgare* L.; d) auf *Prunus fruticosa* Pall.; e) auf *Pyrus malus* L.; f) auf *Vitis vinifera* L.; g) und h) auf *Alnus viridis* DC.; k) auf *Betula* sp.; l) auf *Quercus Robur* L.

Aus den vorliegenden Messungen geht hervor, daß die Sporenlängen zwischen 22 und 67 μ, die Sporenbreiten zwischen 6 und 25 μ schwanken.

Die Variationsbreite für die Sporenlängen und -breiten ist demnach für *Hysterographium fraxini* groß. Die Sporentypen sind sich mehr oder weniger gleich: Mauerförmig geteilt, parenchymatisch. Oft sind einzelne Querwände gut ausgebildet, oft sind sie verwischt (Abb. 19, a—e). Weiter geht daraus hervor, daß alle Varietäten, einschließlich *Hysterium oleastri* und *Hysterographium oleae* nicht abgespaltet werden dürfen, da *H. fraxini* (gezüchtet in 1-Sporkultur) auf alle möglichen Wirtspflanzen übergehen kann. O. Schwarz hat 1933 die Zweigdürre des Ölbaumes aus den östlichen Mittelmeergebieten beschrieben. Er gibt die Sporenmaße mit 26—32 × 10—14 μ an (im allgemeinen liegen sie zwischen 36 und 40 × 15 und 20 μ); er hat auch keine Pyknidien gefunden. Daraus schließt der Autor, daß es sich um eine neue Art, um *Hysterographium oleae* O. Schwarz handelt. Er beschreibt in seiner Arbeit Infektionsversuche, bei denen er jedoch keine Fruchtkörper erhielt. Die Eintrittsstellen für den Pilz sind Wunden: in Reinkultur erhielt er kleine spärliche Sproßmyzelien, wie sie Brefeld für *H. fraxini* beschrieben hatte. Trotz diesen Merkmalen (kleinere Sporen, Fehlen der Mikrokonidien, etwas anderer, grundsätzlich aber gleichbleibender Infektionsverlauf) ist *H. oleae* als *H. fraxini* anzusehen. Das Fehlen der Mikrokonidien ist kein zwingender Grund, eine neue Art aufzustellen (vergl. Entwicklung in Reinkultur). Ebenso sind die in ähnlicher Weise abgespaltenen Unterarten als *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. anzusehen.

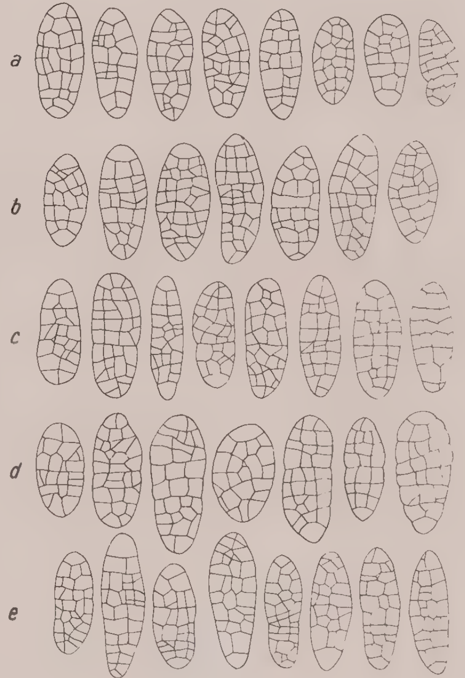


Abb. 19
Sporentypen von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not.
a) auf *Fraxinus excelsior* L.; b) auf *Olea europaea* L.; c) auf *Ligustrum vulgare* L.; d) auf *Vitis vinifera* L. (Infektionsversuch); e) auf Malzagar (1-Sporkultur).
Vergr. 400 mal.

2. *Hysterographium stygium* (Cooke) Sacc.

Synonymie: *Hysterium (Hysterographium) stygium* Cooke. N. Amer. Fg. Grevillea, **11**, 1882/83, p. 107.
Hysterographium stygium (Cooke) Sacc. Syll., **2**. 1883, p. 782.

Untersuchtes Material:

(21) *Hysterographium stygium* (Cooke) Sacc. (Fungi Missour. 207). Ad corticem *Quercus albae*. April 1883 Nr. 61. leg. C. M. Demetrio.

Fruchtkörper- und Sporentypen und -größen: Fruchtkörper einzeln auf Rinde sitzend, leicht eingesenkt, leicht gestreift, Enden etwas zugespitzt, ca. 1 × 0,5 mm. Die Sporen sind typisch mauerförmig geteilt (Abb. 23a). Das untersuchte Material enthält nur wenig Sporen; die Größen liegen zwischen 34 und 44 × 14 und 18 μ, die extremen Werte für die Längen bei 34 und 46 μ, für die Breiten bei 14 und 18 μ. Cooke und später Saccardo geben die Sporenmaße mit 30 × 13 μ an. Bisby 1932 hat das Typusmaterial in Kew von Ravenel (n. 3046, 3047 und 3048) untersucht und gefunden, daß die nur spärlich und in mehr oder weniger schlechtem Zustand vorhandenen mauerförmigen Sporen 30—40 × 14—20 μ messen. Ellis und Everhart (1894) geben für die Sporen des authentischen Materials 25—30 × 12—14 μ, die Fruchtkörperform als „pezizoid" an.

Nebenfruchtformen: nicht bekannt.

Kultur: nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Quercus alba* (Herbarmaterial).

Fundort: Amerika.

Bemerkungen. G. Massee stellte 1893/94 fest, daß *H. stygium* mit *H. hiascens* identisch ist. Bisby (1932) sagt, daß auch das von ihm untersuchte Material in schlechtem Zustand ist. Im großen und ganzen stimmen die eigenen Untersuchungen mit denjenigen, die Bisby am Typusmaterial durchführte, überein. Die Sporen sind gegenüber den Originaldiagnosen nicht wesentlich größer.

3. *Hysterographium hiascens* Rehm.

Rehm (1881) Ascom. Nr. 314. Fasc., 7, p. 79.

Untersuchtes Material:

(22) *Hysterographium hiascens* Rehm (C. Spegazzini. Decades myc. italicae 7.) Hab. Vulgatissimum in cortice *quercuum* in sylvula comitie, Giustiniani prope Conegliano, sociis *Hysterio pulicare* atque vulgari, vere 1879. Obs. Singulare! Species vulgatissima etiam in sylva Montello, sed ob suam faciem *H. pulicare* similem nunquam detecta; distinguitur tamen facile etiam nudo oculo, peritheciis utrinque acutioribus, quandoque coarctatis, rima minus lata, atque deficientia striis longitudinalibus.

(23) *Hysterographium hiascens* Rehm. (Rabenhorst-Winter, Fungi europaei 3564). America bor. prope Perryville, Missouri. Ad corticem *Quercus macrocarpae* Michx. April 1883. leg. C. H. Demetrio.

(24) *Hysterographium hiascens* Rehm. (Fungi missouriensis 206.) Ad corticem *Quercus macrocarpae* Michx. No. 19. April 1883. leg C. H. Demetrio.

(25) *Triblidium hiascens* Thm. — *Hysterium hiascens* Berk. et Curt. (de Thümen. Mycotheca universalis 772). America sept. Newfield, New Jersey, in cortice *Quercus coccineae* Wenh. Januar 1876. leg. J. B. Ellis.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen. Fruchtkörper sitzend, oft auf kleinem Fuß (besonders wenn die Fruchtkörper sich in Rindenspalten befinden), zerstreut, gestreift, 0,5—1,7 × 0,3—0,7 mm groß.

Die Sporentypen aus Nr. 7 und 772 sind sich gleich: 6—8 Querwände, mauerförmig geteilt; diejenigen von Nr. 206 und 3564 sind weniger

mauerförmig geteilt (Abb. 23 b), besitzen durchgehende Querwände und 1—3 durchgehende Längswände und sind etwas länger und schmäler (Abb. 23 c).

Die eigenen Messungen für Nr. 7 (139 Sporen) betragen 33,6 ± 2,18 × 12,8 ± 1,31 μ mit extremen Werten für die Längen von 24 und 41 μ, für die Breiten von 10 und 17 μ, für Nr. 772 33,3 ± 2,54 × 14,7 ± 2,14 μ (extreme Werte: 26 und 41 μ für die Längen und 12 und 17 μ für die Breiten), für Nr. 3564 35,5 ± 2,68 × 11,7 ± 1,03 μ mit extremen Werten für die Längen von 28 und 44 μ, für die Breiten von 9 und 14 μ. Nr. 206 besitzt schlechtes Sporenmaterial; doch in Form und Größe dürften diese Sporen mit denjenigen von Nr. 3564 übereinstimmen.

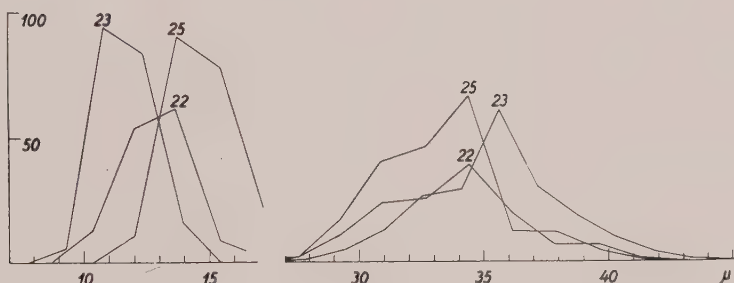


Abb. 20
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium hiascens* Rehm. (Nr. 22, 23, 25.)

Rehm (1881) gibt für die Sporengrößen (quer 8, längs 1—2 mal septierte Sporen) 27 × 10 μ an, Saccardo (1883) ebenfalls, Cooke (1892) 25—30 × 8—10 μ (6—8 mal quergeteilte und mauerförmige Sporen), Rehm (1896) 27—30 × 10—12 μ.

Nebenfruchtform: nicht bekannt.

Kultur: nicht durchgeführt.

Wirtswahl: saprophytisch auf faulem Holz, auf *Quercus*.

Fundorte: Nordamerika, wahrscheinlich auch Europa (Rehm, 1896).

Bemerkungen. Ursprünglich wurde der Pilz von Rehm als *H. hiascens* Berk. et Court. bezeichnet. Spegazzini (in Rehm 1896) hat ihn später mit dem Autorennamen Rehm versehen. Rehm (1896) legt dar, daß *H. hiascens* Berk. et Court. auf *Blitridium hiascens* umbenannt werden muß. Doch besteht nach dem gleichen Autor weder über die eine noch über die andere Form volle Klarheit. Bisby (1932) schließt sich der Ansicht Rehms an, daß es sich hier um ein *Blitridium* handle. — Von *H. hiascens* werden zwei Unterarten abgetrennt: 1. **H. macrum* Sacc. et Berl mit 25—30 × 8—10 μ großen, mauerförmigen Sporen und 2. var. *depressum* Winter mit 38 μ langen 7—10 fach geteilten Sporen. Von diesen beiden Unterarten stand mir kein Material für eine Untersuchung zur Verfügung. — Bisby (1932) erwähnt, daß *H. hiascens* Rehm, *H. kansense* E. et E. und *H. subrugosum* (C. et E.) Sacc. Synonyme sind. — Die Sporentypen entsprechen den Angaben der verschiedenen Autoren ziemlich gut.

4. *Hysterographium elongatum* (Wahlenb.) Corda.

Synonymie: *Hysterium elongatum* Wahlenb. (Flora lapp. 1812).
Hysterographium elongatum (Wahlenb.) Corda (ic. fung. 1842).

Untersuchtes Material:

(26) *Hysterographium elongatum* Wahlb. (Winter, Fungi helvitici, Suppl. 68) Ad lignum *pineum* (?). Rigi prope Luzern. 1880 August. leg. G. Winter.

(27) *Hysterium elongatum* Wahlb. (Herb. G. Winter, 1754). Ad lignum *salicinum* putridum, raro Vere. Ca Hostrichiam.

(28) *Hysterographium elongatum* Cda. (de Thümen, Mycotheca universalis 1862). Fennia: Mustiala in ligno *populi tremulae*. Juni 1878. leg. Prof. P. A. Karsten.

(29) *Hysterium elongatum* Wahlb. (Aus Herb. G. Winter 169). Merimasku a. pa *Salix*. leg. Karsten. Fungi fennici.

(30) *Hysterographium elongatum aceris* Karst. (Cryptogamae Formationum Coloradensium. F. E. et E. S. Clements 46). Saprophilus copiosus in ramis decorticatis stantibusque *Aceris glabri* frequens *Picea-Pseudotsuga-hylio*. Minnehaha 2600 m, 15. August 1904.

(31) *Hysterographium elongatum (lineare* Fr.) Forma *aceris* (Herb. G. Winter, 333.) Runsala, pa lönnved i Juni. Karsten, Fungi fennici.

Fruchtkörperformen und -größen. Die Fruchtkörper der 6 untersuchten Materialien sind sich in Größe und Aussehen gleich: sitzend, zerstreut, regellos oder mehr oder weniger parallel den Holzfasern gerichtet, wenig gestreift; Enden stumpf oder spitz, 0,7—2,0 × 0,3 – 0,4 mm.

Sporentypen: Die Sporen sind nach den eigenen Untersuchungen in Form und Größe ungefähr gleich; (8) 10—12 fach quer, längs 1—2 fach geteilt, seltener mauerförmig (Abb. 23 d).

Sporengrößen: Corda (1842) gibt für die Sporen 37,6—43,1 μ an, Saccardo (1883) für die 7—9 fach quer und 1—2 fach längs geteilten Sporen 42—46 × 14—17 μ, Cooke (1892) ebenfalls, Rehm (1896) 36—40 × 12—15 μ, Feltgen (1903) 40—54 × 10—16 μ, Bisby (1932) (für n. 62 Herbar Paris, Fries?) (30) 32—45 × 10—14 (15) μ. Er hat noch weiteres Material untersucht, das in Amerika gesammelt wurde, aber zu andern Arten gehört (l. c. p. 310—311). Saccardo (1883) spaltet eine var. *aceris* (n. 333, Karsten Fg. fenn.) ab mit Sporen von 42—54 × 14—15 μ

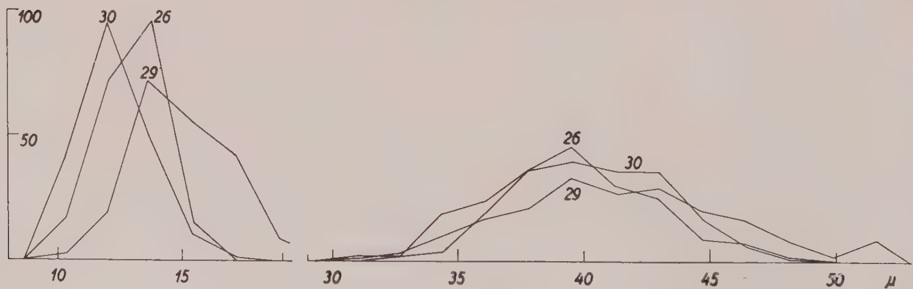


Abb. 21
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium elongatum* (Wahlenb.) Corda. (Nr. 26, 29, 30.)

Rota-Rossi (aus Sacc. Syll. 1913) eine var. *orobicum* mit quer 5fach geteilten Sporen von 20—25 × 10—12 μ. Es scheint, daß *H. elongatum* var. *orobicum* aber nicht hierher gehört.

Die eigenen Messungen für Nr. 46 betragen 40,4 ± 3,40 × 15,8 ± 1,44 μ mit extremen Werten von 32 und 51 μ für die Länge und 9 und 17 μ für die Breite, für Nr. 68 39,5 ± 1,39 × 12,96 ± 1,60 μ, wobei die extremen Werte 30 und 48 μ für die Länge, 10 und 16 μ für die Breite betragen, und für Nr. 169 41,8 ± 5,20 × 15,0 ± 1,91 μ mit extremen Werten für die Länge von 30 und 57 μ, für die Breite von 8 und 21 μ. Die übrigen Materialien sind in schlechtem Zustand, doch lassen die geschrumpften Sporen den gleichen Typus wie bei den drei guten Materialien erkennen (Abb. 21).

Nebenfruchtform: Als Nebenfruchtform gibt Hilitzer (1929, p. 152) unter dem Namen *Hysteropycnis confluens* Hilitzer Pyknidien von 0,1—0,5 mm Durchmesser mit hyalinen, länglich-elliptischen Pyknosporen von 3—4,5 × 0,5—0,8 μ Größe an. Nach Lohman ist diese Nebenfruchtform sehr nahe verwandt mit derjenigen von *H. mori*.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: Aus dem Herbarmaterial und der Literatur geht hervor, daß *H. elongatum* nicht spezialisiert ist. Es sind folgende Wirtspflanzen für *H. elongatum* bekannt: *Salix caprea* (Wahlenberg, G., 1812); *Populus, Salix, Rhamnus* (Fries, E., 1822); *Populus* (de Candolle, A. P., 1830); *Salix, Populus* (Wallroth, F. G., 1833); *Populus* (Corda, A. C. I., 1842); *Salix, Populus* (Rabenhorst, 1884); *Salix* (Fuckel, 1869/70); *Rosa* sp. (Cooke, M. C., 1871); *Salix, Populus tremula, Rhamnus, Quercus* (Saccardo, (1883); *Salix* (Rehm, H., 1896). *Pinus*-Holz (?) (leg. Winter, G., 1880); *Salix* (leg. Karsten); *Populus tremula* (leg. Karsten).

Fundorte: *H. elongatum* ist ein Kosmopolit und kann bis auf eine Höhe von 2600 m. ü. M. (Minnehaha) steigen.

Bemerkungen: Das untersuchte Material stimmt in Größe und Beschreibung der Sporentypen mit den Diagnosen überein.

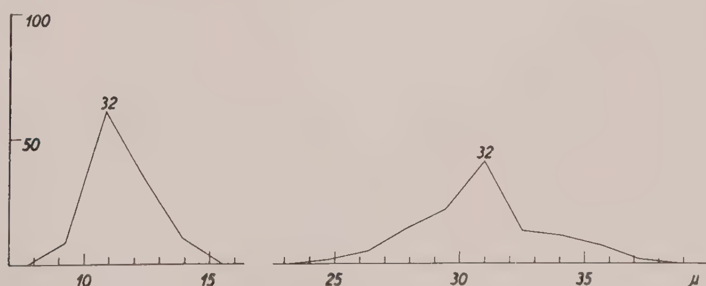


Abb. 22

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium subrugosum* (C. et E.) Sacc. (Nr. 32).

5. *Hysterographium subrugosum* (C. et E.) Sacc.

Synonymie: *Hysterium subrugosum* C. et E. Grev. **5**, 1876/77, p. 54.
Hysterographium subrugosum (C. et E.) Sacc Syll. **2**, 1883, p. 780.

Untersuchtes Material:

(32) *Hysterographium subrugosum* (C. et E.), on old oak slimp. Newfield, N. J. 29. April 1893. (Herb. Ellis)

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Fruchtkörper gehäuft oder zerstreut sitzend, mehr oder weniger parallel gerichtet, Enden abgerundet, leicht gestreift, gerade oder gebogen, 0,5—0,7 × 0,1—0,2 mm groß. Die Sporen besitzen 6—8 Hauptquerwände und sind zum Teil in der Mitte typisch mauerförmig geteilt, oder besitzen nur 1—2 Längswände (Abb. 23 e). Mittelwert und Streuung für das untersuchte Material betragen 28,5 ± 2,53 × 11,48 ± 1,14 μ; die extremen Werte liegen für die Längen bei 25 und 37 μ, für die Breiten bei 9 und 14 μ (Abb. 22).

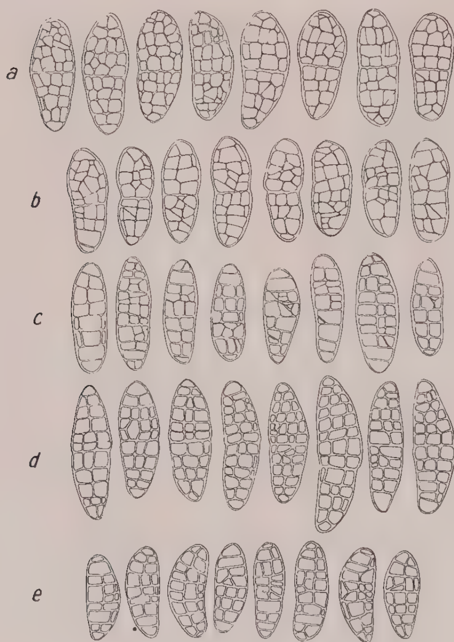


Abb. 23
Sporentypen von: a) *Hysterographium stygium* (Cooke) Rehm; b) *H. hiascens* Rehm (Nr. 22); c) *H. hiascens* Rehm (Nr. 23); d) *H. elongatum* (Wahlenb.) Corda; e) *H. subrugosum* (E. et E.) Sacc. Vergr. 400mal.

Cooke und Ellis (1876/77) geben als Sporengrößen 45 × 15 μ an, was aber sehr wahrscheinlich ein Fehler ist, wie es Bisby (1932) bei der Untersuchung des Typusmaterials festgestellt hat. Dieser gibt als Sporenmaße 25—40 × 10—12 μ an.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Quercus*.

Fundort: Nordamerika.

Bemerkungen: Bisby (1932) legt dar, daß *H. subrugosum*, *H. hiascens* und *H. kansense* Synonyme sind. Die Art unterscheidet sich nach dem gleichen Autor von *H. mori* durch größere, nicht eingeschnürte Sporen. — Mit Bisbys Untersuchungen am Typusmaterial stimmen die eigenen Messungen gut überein.

6. *Hysterographium naviculare* Karst.

Medd. af Soc. pro Fauna et Flora Fennica, **5**, 1880, p. 47—51. Hedwigia, **19**, 1880, p. 118.

Untersuchtes Material:

(33) *Hysterographium naviculare* Karst. (Herb. G. Winter) Kola Lapp. rossicae. in *Pruno pado*. Julio 1861. leg. P. A. Karsten.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Fruchtkörper rundlich, ellipsoidisch, zerstreut sitzend, regellos, leicht gestreift, 0,5 × 0,2 mm groß. Das Sporenmaterial ist zu alt, als daß gute Messungen vorgenommen werden könnten. Die Sporen besitzen 8—10 Hauptquerwände und 1—2 Längswände. Oft sind sie in der Mitte mauerförmig geteilt (Abb. 26 a). Die Sporenlängen liegen zwischen 31 und 37 μ, die Breiten zwischen 10 und 13 μ. Bisby (1932) hat das gleiche Material untersucht und die Sporengrößen (wie Karsten, 1880) mit 30—40 × 12—14 μ angegeben.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Cerasus* (Wallroth, 1833); *Prunus Padus* (Karsten, 1880).

Fundort: Nördliches Lappland.

Bemerkungen: Karsten (1880) nimmt Stellung zu *Hysterium naviculare* Wallr. Er sagt, daß die Art, von Wallroth (1833) gefunden, wahrscheinlich nicht hierher gehört. Er gibt unter dem gleichen Namen (*Hysterium naviculare* Karst.) einen Pilz heraus, der auf *Prunus Padus* gefunden wurde. Nach Bisby (1932) gehört *H. naviculare* Karst. zu *H. Rehmianum*. — Die Sporengrößen und -formen stimmen mit den Diagnosen überein.

7. *Hysterographium Rehmianum* Sacc.

Sacc. Syll., 2, 1883, p. 782.

Untersuchtes Material:

(34) *Hysterographium Rehmianum* Sacc. (Rabenhorst-Winter, Fungi europei 3565). Helvetia: ad montem Rigi prope Luzern. Ad trabes vetustos. Juni 1882. leg. G. Winter.

(35) *Hysterographium Rehmianum* Sacc. f. *Pyri*. (Rehm, Ascomyceten 725.) Auf dürren Birnbaumästen, bei Oberstaufen, Allgäu, ca. 900 m 8/1883. leg. Britzelmayr.

(36) *Hysterographium Rehmianum*. (Kryptogamae exsiccatae 1434.) Adest plerumque *Lachnella flammea* Alb. et Schw. et *Trullula pirina* Bres. Austria inf.: ad ramos decorticatos *Piri mali* in Sonntagberg prope Rosenau, m. Mart. leg. P. P. Strasser. (Er gibt dazu noch folgende Beschreibung: Apothezien meist 1,5—2 mm lang. Die Asci durchweg länger als Rehm l. c. es angibt, nämlich 160—180 × 30—40 μ, der Stiel derselben ca. 20 μ lang.

(37) *Hysterographium Rehmianum* Sacc. (Jaczewski, Komarov, Tranzschel, Fungi Rossicae Exsiccati 40). In ligno denudato putrido. Rylkovo prope Gjatsk. (prov. Smolensk). Rarissime. leg. Jaczewski.

Fruchtkörper- und Sporentypen und -größen: Die Fruchtkörper sind bei allen vier untersuchten Materialien gleich: Zerstreut oder gehäuft, Enden abgerundet oder zugespitzt, wenig gestreift, 1—2 × 0,4—0,5 mm groß. Die Sporentypen sind ebenfalls dieselben: 10—12 Hauptquerwände mauerförmig geteilt (Abb. 26 b). Rehm (1882, Ascom. Nr. 624) gibt die Sporen unter *H. vulvatum* mit 36 × 12 μ an, Rehm (1896) mit 30—40 × 12—14 μ (quer 8—10, längs 3—4 mal septiert), Bisby (1932) mit 30—40 × 12—14 μ.

Die eigenen Messungen betragen für Nr. 3565 39,1 ± 3,56 × 13,0 ± 1,07 μ, für Nr. 725 39,7 ± 4,35 × 13,60 ± 1,34 μ, für Nr. 1434 41,2 ± 4,17 × 15,1 ± 1,52 μ und für Nr. 40 40,4 ± 3,93 × 14,3 ± 1,45 μ, wobei die extremen Werte für die Längen bei 24 und 52 μ, für die Breiten bei 10 und 19 μ liegen (Abb. 24).

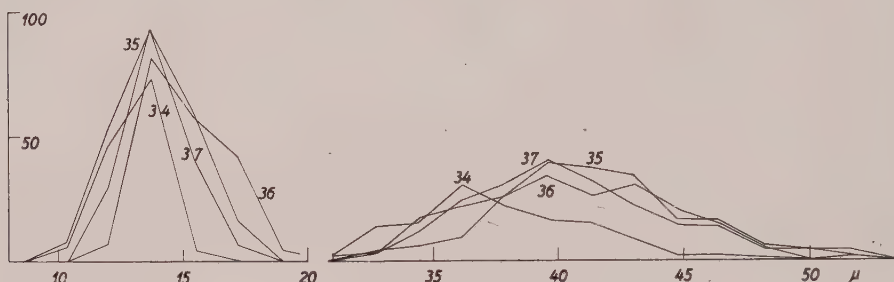


Abb. 24
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium Rehmianum* Sacc.
(Nr. 34, 35, 36, 37.)

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: Zum Teil saprophytisch auf totem Holz oder auf *Pyrus communis* (Herbarmaterial); *Pyrus*, *Fagus* (Rehm, 1896).

Fundorte: Europa.

Bemerkungen: Rehm (1884) spaltet eine Unterart *H. Rehmianum* f. *piri* ab mit Sporengrößen von 36—40 × 12—14 μ. Saccardo (1883) stellt die ganze Art (*H. Rehmianum*) als Unterart von *H. vulvatum* hin. Bisby (1932) glaubt, daß *H. Rehmianum* mit *H. naviculare* identisch ist. — Die untersuchten Materialien stimmen mit den beschriebenen Sporenformen und -größen überein.

8. *Hysterographium kansense* Ell. et Ev.
New West. Amer. Fung. Erythea, 2, 1894.

Untersuchtes Material:

(38) *Hysterographium kansense* E. et E. (Ellis and Everhart, Northamer. Fung. 2. series, 3037). On bark of living *Quercus macrocarpa*. Rockport, Ks., May 1893. leg. E. Bartholomew.

Fruchtkörper- und Sporengrößen und -typen: Fruchtkörper unregelmäßig sitzend, gerade oder gebogen, auf Rinde, Enden zugespitzt oder abgerundet, auf Fuß sitzend, etwas erhöht, 1 × 0,3 mm groß. Die Sporen besitzen meistens 7—8 Querwände und sind 1 oder 2 mal längsgeteilt (Abb. 26c). Die eigenen Messungen ergaben 31,6 ± 2,65 × 9,26 ± 0,89 μ. Es wurden nur 45 Sporen gemessen, da das Material schlecht ist. Ellis und Everhart (1894) geben die Sporengrößen mit 25—30 × 8—10 μ an; sie besitzen 7—9 Querwände und eine Längswand Bisby (1932) hat ebenfalls Nr. 3037 untersucht und gibt die Sporen-

größen mit 26—43 × 9—12 μ an. (Das Originalmaterial wurde am gleichen Ort und auf der gleichen Wirtspflanze gesammelt, jedoch 3 Monate früher.)

Nebenfruchtformen: Lohman (1932) hat in seinen Kulturen nur leere Gehäuse gefunden.

Kultur: Die Reinkultur wurde von Lohman (1932) als samtartiger, hervorbrechender Rasen von grünlicher Schieferfarbe (dunkelschiefergrün bis stahlgrau) beschrieben. Demnach ist sie in Bau und Farbe derjenigen von *H. vulvatum* ähnlich.

Wirtswahl: Dieser Pilz wurde bis jetzt nur auf *Quercus* gefunden.

Fundort: Amerika.

Bemerkungen: Ellis und Everhart (1894) vergleichen das Material mit *H. stygium* Cke. Sie erwähnen, daß die Sporenlängen gleich, die Breiten bei *H. stygium* etwas größer sind (25—30 × 12—14 μ) Bisby (1932) stellte eine gewisse Ähnlichkeit mit *H. subrugosum*, das ebenfalls auf Eiche vorkommt, fest.

9. *Hysterographium flexuosum* (Schw.) Sacc.

Synonymie: *Hysterium flexuosum* Schw. Syn. fg. Carolinae sup., 1822. Schriften der nat. f. Ges. zu Leipzig, p. 49, n. 294.
Hysterographium flexuosum (Schw.) Sacc. Syll., 2. 1883, p. 781.

Untersuchtes Material:

(39) *Hysterium flexuosum* Schw. (de Thümen, Mycotheca universalis 181.) America sept.: New-field New Jersey. In ramulis *quercinis* aridis Vere 1874. leg. J. B. Ellis. Obs.: *Hysterium vulvatum* Schw. (ubi?) apud botanicis americ.

(40) *Hysterographium flexuosum* (Schw.) (Rehm, Ascomyceten 315.) exs. Thymen mycoth. univ. 181. In ramulis mortuis *quercus coccineae*. New-field, New Jersey, N.-America., 4/1876. leg. J. B. Ellis.

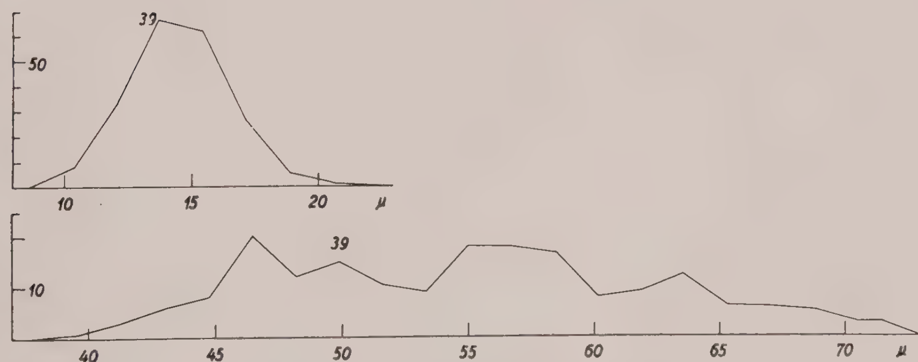


Abb. 25

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium flexuosum* (Schw.) Sacc. (Nr. 39).

Fruchtkörperform und -größen. Die Fruchtkörper sind bei beiden untersuchten Materialien gleich: gerade oder gebogen, vereinzelt oder gehäuft sitzend, parallel den Holzfasern gerichtet, gestreift, Enden abgerundet oder spitz, 1,5—2 × 0,4 mm.

Sporentypen: Die Sporen der beiden untersuchten Exsiccaten sind einander im Großen und Ganzen gleich. Nr. 315 ist in schlechtem Zustande. Die Sporen sind quer (11) 12—14 (16) mal geteilt, mauerförmig, oder mit ein bis zwei Längswänden (Abb. 26 d).



Abb. 26
Sporentypen von: a) *Hysterographium naviculare* Karst.; b) *H. Rehmianum* Sacc.; c) *H. kansense* Ell. et Ev.; d) *H. flexuosum* (Schw.) Sacc. Vergr. 400mal.

Sporengrößen: Saccardo (1883) gibt die Sporengrößen mit 48×16 μ an, Bisby (1932) mit 39—62 × 12—20 μ, Lohman (1932) mit (45) 50—58 (65) μ. Nach den eigenen Messungen schwanken die Größen von Nr. 315 zwischen 40 und 65×13 und 21 μ (für 99 Sporen); für Nr. 181 (für 200 Sporen) sind die Größen 54,8 ± 7,51 × 13,8 ± 2,07 μ. Die extremen Werte liegen für die Längen der Sporen bei 34 und 72 μ, für die Breiten der Sporen bei 6 und 21 μ (Abb. 25).

Nebenfruchtform: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: Der Pilz kommt vor auf *Betula*, *Prunus*, *Quercus* (nach Herbarmaterial), *Acer*, *Vitis*, *Cornus*, *Andromeda*, *Gleditschia* (nach Saccardo, 1883), *Quercus alba* (nach Lohman, 1932). Der Pilz ist nicht spezialisiert.

Fundorte: Nur aus Nordamerika und Java bekannt.

Bemerkungen: Bisby (1932) erwähnt, daß *H. flexuosum*, *Hysterium ceanothi* Phill. et Hark., *H. prominens* Phill. et Hark., *H. vulvatum* Schw. und *Lophium naviculare* (ex. Herb. Schw. in Kew) Namen für denselben Pilz bedeuten. Lohman (1932) glaubt, daß *H. flexuosum* und *H. vulvatum* wahrscheinlich zusammenzuziehen sind. Ferner schreibt Bisby (1932), daß *H. flexuosum* (Schw.) Sacc. den Namen *H. flexuosum* (Schw.) Rehm erhalten sollte; Rehm (1881) erwähnt nämlich *Hysterium flexuosum* Schw. als Synonym von *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm (Ascom. Nr 315). Er betrachtet das gleiche Material (Nr. 181, Thümen myc. un.), das mir ebenfalls für die Untersuchung zur Verfügung stand, als Synonym von *H. vulvatum*. — Das untersuchte Material stimmt mit den Beschreibungen der Sporenformen und -größen überein.

10. *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm.

Synonymie: 2072. *Hysterium vulvatum* L. v. S. Transact. of the Amer. Philos. Soc. 15. April 1831. N. ser. IV, 1834, p. 243.
Hysterographium vulvatum (Schw.) Rehm. Asc. n. 315.

Untersuchtes Material:

(41) *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm. (Rehm: Ascomyceten 624). An einem abgestorbenen Buchenast in einem Tobel der hochgr. Alpen des Allgäu (1200 m). 7/1881. leg. Britzelmayr

(42) *Hysterographium vulvatum* (Schw.). (Rabenhorst-Winter, Fungi europ. 3163.) Amer. borealis: ad ramulos emortuos *Quercus*, prope New-field, New Jersey, August 1883. leg. J. B. Ellis.

(43) *Hysterium vulvatum* Schw. (Herbar G. Winter, 60). In *Quercus* . . . ramis. Amer. sept. New-field, New Jersey, 3. 74. leg. J. B. Ellis. (Ex Coll. de Thymen.

(44) *Hysterium vulvatum* Schw. (Herbar Pazschke.) *Quercus*. New-field, New Jersey. leg. J. B. Ellis.

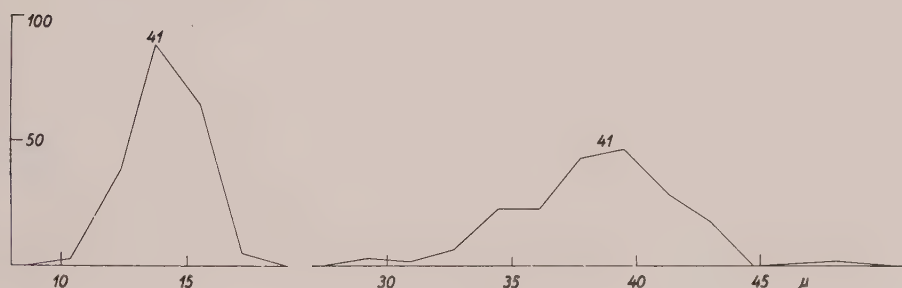


Abb. 27
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm. (Nr. 41.)

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper aller vier Exsiccaten sind gleich: zerstreut sitzend, mehr oder weniger parallel gerichtet, gerade oder gekrümmt, gestreift, (0,5) 1—1,5 (2) × 0,3 0,5 mm groß. Die Sporen sind ebenfalls gleich: 10—12—14 Querwände, mauerförmig geteilt (Abb. 30 a, b). Nach den eigenen Messungen betragen die Sporengrößen für Nr. 3163 53,5 ± 6,42 × 16,5 ± 2,50 μ, für Nr. 60 56,5 ± 7,30 × 16,1 ± 1,76 μ, für *H. vulvatum* (Herb. Pazschke) 53,5 ± 6,23 × 16,6 ± 1,58 μ. Nr. 624 besitzt viel kleinere Sporen, nämlich 38,4 ± 3,25 × 14,1 ± 1,60 μ; dieses Material dürfte nicht hierher gehören (Abb. 27). Für die drei ersten Materialien sind die extremen Werte für die Längen 36 und 74 μ, für die Breiten 10 und 24 μ (Abb. 28).

Rehm gibt die Sporengrößen mit — 75 × 21 μ an, Saccardo (1883) die 10 fach quer septierten, mauerförmigen Sporen ebenfalls — 75 × 21 μ, für *H. vulvatum* *Rehmianum* Sacc. (Rehm, Ascom. n. 624) mit 36 × 12 μ. Rehm (1882) — 36 × 12 μ (für Exs. 315). Rehm (1896) erwähnt *H. vulvatum* unter *H. Rehmianum* mit 30—40 × 12—14 μ großen Sporen. Bisby (1932) untersuchte eine Art aus Schweinitz's Herbar in Kew und gibt die mauerförmigen, 9—13 mal querseptierten Sporen mit 39—56 × 12—16 μ. Lohman (1932) mit (45) 50—58 (65) × 12—18 (22) μ an.

Nebenfruchtformen und Kultur: Lohman kultivierte 1932 *H. vulvatum*. Er beobachtete, daß die Kultur von *H. vulvatum* und *H. kan-*

sense einander ähnlich sind: samtartiger, hervorbrechender Rasen, von grünlicher Schieferfarbe (dunkelschiefergrün bis stahlgrau). Bei *H. vulvatum* ist die Oberfläche etwas dunkler grün als bei *H. kansense.* Ferner erhielt der gleiche Autor die Nebenfruchtform als Mikrokonidien in Reinkultur. Diese werden ohne Höhlungen unter der Agaroberfläche des Myzels gebildet und werden von zarten Hyphen bedeckt. Sie sind hyalin, länglich, an den Enden etwas verdickt, 3—4 × 1,3—1,5 μ groß. Die Tragzellen entstehen auf einem lockeren, stark verzweigten Gewebe und sind 5—8 × 1,5 μ groß. Daneben entstehen auf Korkabsud Nebenfruchtformen in kegelstumpfartigen Gehäusen mit einem Ostiolum, bis 90 μ im Durch-

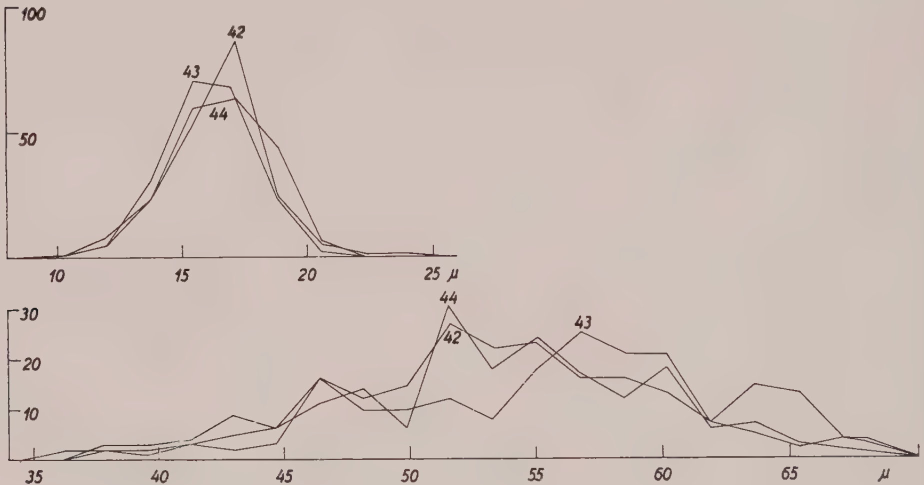


Abb. 28
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm.
(Nr. 42, 43, 44.)

messer und 100—150 μ hoch, mit einer 6 μ dicken Wand. Das Innengewebe ist gleich wie dasjenige auf Hafermehlnährböden. Daneben werden ein- oder mehrzellige Chlamydosporen auf dem Hafermehlnährboden gebildet. Die Nebenfruchtformen von *Hysterium pulicare*, *H. insidens*, *Hysterographium vulvatum*, *H. fraxini*, *H. minutum* gehören zum 3. von Lohman angegebenen Typus: längliche oder zylindrische, gerade oder S-förmige Sporen, an länglich-keuligen Sporenträgern gebildet.

Wirtswahl: *Quercus* (Herbarmaterial), altes Holz (Schweinitz, 1831).

Fundorte: New Jersey (für *H. vulvatum*), Deutschland (für *H. vulvatum *Rehmianum*).

Bemerkungen: Bisby (1932) nimmt an, daß *H. vulvatum* (Schw.) Sacc. dem *H. flexuosum* (Schw.) Sacc. und *Lophium naviculare* (ex Herb. Schw. in Kew) gleich ist. Ferner soll *H. vulvatum* die amerikanische, *H. Rehmianum* die europäische Art sein; doch sind die Sporen dieser Art viel kleiner als diejenigen von *H. vulvatum. H. flexuosum* und

H. vulvatum sind nach Lohman (1932) wahrscheinlich identisch. — Außer Nr. 624 stimmen die eigenen Untersuchungen mit den Diagnosen überein; Nr. 624 besitzt kleinere Sporen und wurde, wie erwähnt, von Saccardo als Unterart von *H. vulvatum (*H. Rehmianum)* beschrieben.

11. *Hysterographium prominens* (Phill. et Hark.) Berl. et Vogl.

Synonymie: *Hysterium prominens* Phill. et Harkn. Bull. of the calif. Acad. of science. No. 1. Februar 1884, p. 25.

Hysterographium prominens (Phill. et Harkn.) Berl. et Vogl. Add. Syll. p. 270.

Untersuchtes Material:

(45) *Hysterium prominens* Phillips et Harkness. (Rabenhorst-Winter, Fungi europ. 3267.) America borealis: prope Sausalito, California. Ad ramulos emortuos *Salicis lasiolepis*. Februar 1885. leg. H. W. Harkness.

(46) *Hysterographium prominens* (Phill. et Hark.) Berl. et Vogl. (Pacif. slope Fungi, distr. by C. F. Baker. 216.) On dead twigs of *Carrya elliptica*. Foothills near Stanford University, Santa Clara county, California. Jan. 1. 1902. leg. C. F. Baker.

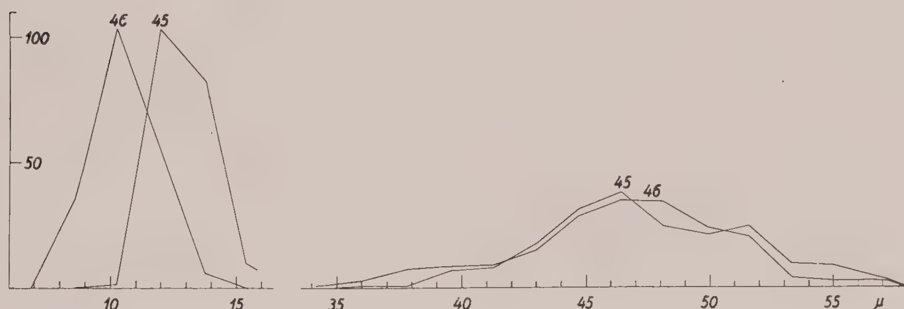


Abb. 29

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium prominens* (Phill. et Hark.) Berl. et Vogl. (Nr. 45, 46.)

Fruchtkörper- und Sporengrößen und -typen: Fruchtkörper an den Enden stumpf oder spitz, länglich ellipsoidisch, leicht gestreift, 0,5—1 × 0,3—0,4 mm groß. Phillips und Harkness geben für die Sporengrößen 30—48 × 7—10 μ an. Bisby (1932) schließt aus seinen Untersuchungen, daß die Sporen bis zu 64 × 14 μ (39—62 × 12—20 μ) groß und 11—14 mal quergeteilt und mauerförmig sind. — Die Sporen der beiden untersuchten Materialien sind sich gleich. Sie besitzen (10) 12—14 (16) Querwände und 1—2 Längswände (Abb. 30 c). Als Sporengrößen für die Nr. 3267 ergaben sich 47,5 ± 3,93 × 9,4 ± 1,20 μ, für Nr. 216 46,5 ± 4,35 × 10,59 ± 1,27 μ und als extreme Werte 34 und 58 μ für die Längen und 6 und 17 μ für die Breiten (Abb. 29).

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Salix lasiolepis* (Phillips et Harkness, 1884), *Garrya elliptica* (Herbarmaterial), Laubholzpflanzen (Bisby, 1932).

Fundort: Nordamerika.

Bemerkungen: Nach Bisby (1932) soll das Originalmaterial (Nr. 2064) zu *H. flexuosum* gehören, ebenfalls *Hysterium ceanothi* Phill. et Hark., *H. vulvatum* Schw. und *Lophium naviculare* (ex Herb. Schw.).

Die beiden untersuchten Materialien stimmen mit den Beschreibungen in Größe und Form überein.

12. *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm.

Synonymie: *Hysterium mori* Schw. 1831. Transact. of the Americ. Philos. Soc., 4, New. Ser., p. 244, Nr. 2087.
Hysterographium mori (Schw.) Rehm. Ascom. n. 363.

Untersuchtes Material:

(47) *Hysterium mori* (Schw.). (Herb. G. Winter, 2298.) On wood of *Morus*. leg. Ellis.

(48) *Hysterographium mori* (Schw.). (Rehm: Ascomyceten 363.) Ad *morum*. New-field New Jersey USA. leg. J. B. Ellis.

(49) *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm. (New York Fungi, C. L. Shear, 329.) On dead decorticated *Populus* sp. Alcove, N. Y. May 1895. leg. C. L. S.

Fruchtkörper- und Sporentypen und -größen: Alle drei untersuchten Materialien stimmen in Fruchtkörperform, Sporenform und -farbe überein. Sporen 3—6 Hauptquerwände, meistens 5 oder mehr Längswände, oft fast mauerförmig geteilt (Abb. 38 a). Für Nr. 2298 ergaben sich aus den eigenen Messungen $19{,}6 \pm 1{,}54 \times 8{,}24 \pm 0{,}77\ \mu$ mit extremen Werten von 15 und 23 μ für die Längen, 6 und 11 μ für die Breiten, für Nr. 363 (mit nur 163 Sporen) $20{,}4 \pm 1{,}46 \times 8{,}25 \times 1{,}00\ \mu$ mit extremen Werten von 17 und 26 μ für die Längen und 6 und 13 μ für die Breiten, für Nr. 329 $17{,}4 \pm 1{,}50 \times 8{,}02 \pm 0{,}84\ \mu$ mit extremen Werten für die Längen von 13 und 23 μ, für die Breiten von 6 und 11 μ (Abb. 31).



Abb. 30
Sporentypen von: a) *Hysterographium vulvatum* (Schw.) Rehm (Nr. 41); b) *H. vulvatum* (Schw.) Rehm (Nr. 42—44); c) *H. prominens* (Phill. et Hark.) Berl. et Vogl. Vergr. 400 mal.

Rehm (1881) und später Saccardo (Syll. II, p. 783) geben für die Sporen $21 \times 8\ \mu$ an, Bisby (1932) $15—25 \times 7—9\ \mu$.

Nebenfruchtformen und Kultur: Lohman (1932) hat *H. mori* kultiviert und dabei ein anfänglich weißes Myzel erhalten, das grau (olivgrau) oder grünlichgrau („teegrau") wird, ähnlich wie *H. kansense* und *H. minutum* Lohman n. sp. Dabei hat er auch die Nebenfruchtformen

wiederum als Mikrokonidien erhalten. Die Pyknosporen werden in Höhlungen in den obersten Nährbodenschichten gebildet. Die Wand ist braun, parenchymatisch, 10—15 μ dick. Die einfachen, Sporen bildenden Zellen sind 8—10×1,5 μ groß und schnüren die Sporen nur an deren Enden ab. Die Pyknosporen sind hyalin, eiförmig, oval, elliptisch und messen (2) 2,5—3,5 (4)×(0,7) 1—2 μ. *Hysteropycnis admixta* und *H. confluens*, die Nebenfruchtformen von *Hysterographium Dubyi* Hilitzer und *H. elongatum* Corda sind vermutlich nahe verwandt mit der Nebenfruchtform von *H. mori*. Diese in Reinkultur erhaltenen Nebenfruchtformen keimten ohne weiteres zu einem großen Myzelrasen. Das Pyknidienstadium von *H. mori*, aber auch von *H. Lesquereuxii* und *Gloniopsis Gerardiana*, gehören zu *Aposphaeria*, also zum zweiten von Lohman aufgestellten Typus mit ovalen bis länglich-elliptischen Mikrokonidien, die an dünnen, keulenförmigen Trägern abgeschnürt werden. Nach Lohman ist *H. cinarescens* nur eine Form von *H. mori*.

Wirtswahl: Der Pilz kommt vor auf *Morus*, *Populus* (nach Herbarmaterial und Literatur), auf Laub- und Nadelhölzern (nach Bisby, 1932).

Fundorte: Amerika und Europa.

Bemerkungen: Bisby (1932, p. 327) zählt zu *H. mori* folgende Arten, die dasselbe sind: *Hysterium acuminatum* aus Herb. Schw, *H. Gerardi* C. et P., *H. guaraniticum* (of Balansas plants), *H. Lesquereuxii* Duby, *H. putaminum* Cooke, *H. Rousselii* de Not. (der europäische Name für *H. mori*), *H. variabile* Cooke et Peck, *H. viticola* Cooke et Peck, und *Glonium hyalosporum* Gerard, und wahrscheinlich auch *H. formosum* (Cooke) Sacc. — Die untersuchten Materialien stimmen mit den Beschreibungen überein.

13. *Hysterographium grammodes* (de Not.) Sacc.

Synonymie: *Hysterium grammodes* de Not. (1847). Giorn. bot. ital. (Parlatore) T. II. Anno II, Part. I, Fasc. 7. 8. p. (5)—(52).

Hysterographium grammodes (de Not.) Sacc. Mycotheca Ven. No. 1279. Michelia, I, p. 55.

Untersuchtes Material:

(50) *Hysterium grammodes* de Notaris. (Rabenhorst Herb. mycologicum Bd. II., 574.) Ad truncos vetustos *Oleae*. In collibus Genuensibus. Febr. 1857. leg. L. Caldesi.

(51) *Hysterium grammodes* DNtrs. (Rabenhorst Fungi europaei 1919). *H. Rousselii* DNtrs. l. c. p. 19, *β. grammodes* Dby. Hyster. In ligno

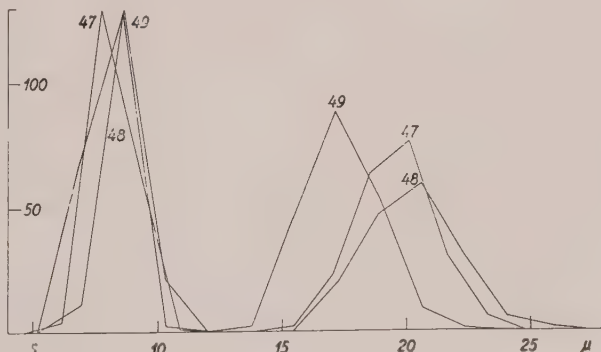


Abb. 31
Längen- und Breitenkurven
von *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm.
(Nr. 47, 48, 49.)

denudato *Olea europaea* in collibus di Felino prope Parmam. Majo 1873. leg. G. Passerini.

(52) *Hysterographium grammodes* (de Not.) Sacc. (Rehm: Ascomycetes 1951). An *Olea*-Stämmen bei Arco (S.-Tirol). II. 1911. leg. Dittrich-Kalkhoff.

Fruchtkörper- und Sortentypen und -maße: Nr. 574 enthält zwei Arten: eine 1., die zu *Hysterographium* gehört und eine 2. mit nur quergeteilten Sporen *(Mytilidion)*. Die Fruchtkörper der ersten Art (Nr. 574) sind denjenigen der Nr. 1919 und 1951 gleich: eingesenkt oder sitzend, gerade oder gebogen, zerstreut, regellos gelagert, leicht gestreift, Enden stumpf oder spitz, 1—1,5 (2,3) × 0,3—0,4 mm groß. Die Sporen dieser Exsiccaten sind einander ebenfalls gleich; sie besitzen 4—6 Haupt-

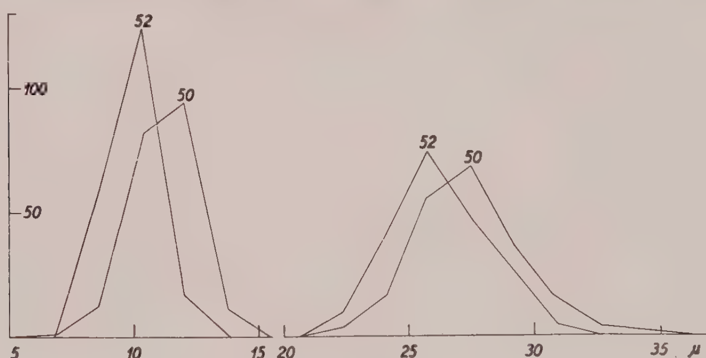


Abb. 32
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium grammodes* (de Not.) Sacc. (Nr. 50, 52)

querwände und sind 1—2 mal längs geteilt (Abb. 38 b). Die eigenen Messungen für Nr. 1951 betragen 26,0 ± 1,94 × 9,94 ± 1,09 μ (extreme Werte: 22 und 31 μ für die Länge, 6 und 13 μ für die Breite), für Nr. 118 27,4 ± 2,14 × 11,2 ± 1,72 μ (extreme Werte für die Längen: 22 und 35 μ, für die Breiten: 6 und 14 μ). Nr. 1919 enthält schlechtes Sporenmaterial (Abb. 32).

Saccardo (1877—79; 1883) gibt die Sporenmaße mit 20—24 × 9—10 μ an (Sporen drei bis fünffach geteilt, mauerförmig).

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Olea*.

Fundort: Europa.

Bemerkungen: Duby (1862) beschreibt unter *H. Rousselii* eine Unterart *grammodes*. Saccardo (1883) beschreibt auf *Pistacia lentisca* eine Unterart fa. *minor* mit 25 × 6,5—7,5 μ großen Sporen, die fünffach quer septiert und mauerförmig sind. — Die Sporengrößen stimmen mit den Originaldiagnosen ziemlich gut überein; die Sporentypen entsprechen den Beschreibungen.

14. *Hysterographium Rousselii* (de Not.) Sacc.

Synonymie: *Hysterium Rousselii* de Not. Giorn. bot. it. 1847, T. II. Anno. II. Part. I. Fasc. 7. 8. p. (19).
Hysterographium Rousselii (de Not.) Sacc. Syll., 2, 1883, p. 779.

Untersuchtes Material:

(53) *Hysterographium Rousselii* (de Not.) Sacc. (Rehm: Ascomyceten 1401). Auf Eichenholz-Weinbergspfählen bei Luxemburg. 9/1901. leg. Dr. Feltgen.

(54) *Hysterium Rousselii* Duby? (*mori* Schwein.) ad lignum induratum *Quercus*. New-field, New Jersey. leg. J. B. Ellis. (Herb. G. Winter.)

(55) *Hysterium Rousselii* de Not. (Herb. W. G. Farlow, 21.) On *Juniperus Virginiana*. S. E. Colorado. March. 30, 1881. leg. C. G. Pringle.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen. Bei Nr. 1401 und beim Material leg. J. B. Ellis sind die Fruchtkörper kugelig bis länglich, die Enden stumpf, $1 \times 0{,}3$ bis 0,4 mm groß. Die Sporen besitzen 3—5 Hauptquerwände und sind einfach längs geteilt, (Abb. 38 c). Für Nr. 1401 betragen die Größen der Sporen $18{,}30 \pm 1{,}80 \times 8{,}16 \pm 0{,}93\ \mu$, für Nr. (54) $19{,}9 \pm 1{,}88 \times 8{,}5 \pm 0{,}81\ \mu$.

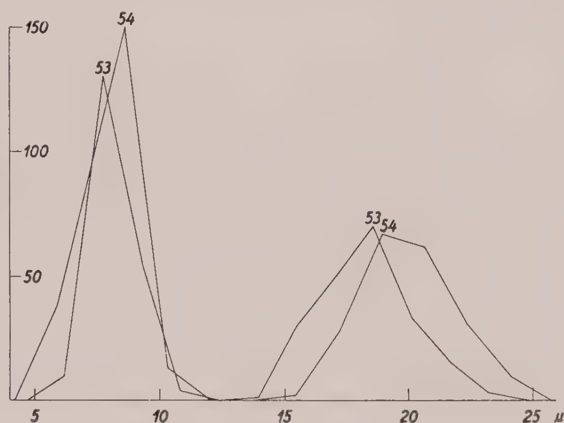


Abb. 33
Längen- und Breitenkurven
von *Hysterographium Rousselii* (de Not.) Sacc.
(Nr. 53, 54).

Beim dritten Material (Exs. nr. 21) sind die Sporen nur quergeteilt: es handelt sich dabei um eine *Mytilidion*art. Rehm (1896) gibt für die Sporengrößen $18—20 \times 7—8\ \mu$ an, Feltgen (1903) $18—22 \times 7{,}5—10\ \mu$, Petrak (1922) $20—28 \times 6—9\ \mu$ Bisby (1932) mit $15—20 \times 7—9\ \mu$.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: Saprophytisch auf altem Eichenholz (Herbarmaterial), auf *Pinus*-Ästen (Saccardo, 1883), auf Tannenholzpfählen (Fuckel, 1869/70), *Pistacia lenticus* (Petrak, 1922).

Fundorte: Nordamerika, Europa.

Bemerkungen: Duby (1862) stellt eine Unterart (*H. Rousselii β grammodes*) auf Ölbäumen auf; er gibt jedoch keine näheren Angaben. Feltgen (1903) spaltet ebenfalls eine Unterart ab, *H. Rousselii* f. *piri*, mit der Begründung, daß durch den stets haufenweisen Wuchs, etwas kleineren Apothezien mit etwas größeren und breiteren Asci und gelblichen oder bräunlich-gelblichen Sporen sich diese Unterart gut unterscheiden läßt. Ob dies der Fall ist, werden wir im nächsten Kapitel sehen. Bisby (1932, p. 319, 327 glaubt, daß *H. Rousselii* mit *H. mori*, aber auch mit *Hysterium acuminatum* (ex Herbar

Schw.), *H. Gerardi* C. et P., *H. guaraniticum* (ex Bala*n*sas pl.), *H. Lesquereuxii* Duer *H. putaminum* C., *H. variabile* C. et P., *H. viticola* C. et P. und *Glonium hyalosporum* Gby übereinstimmt.

15. *Hysterographium viticola* (C. et P.) Rehm.

Synonymie: *Hysterium viticola* C. et P. Bull. of the Buffalo soc. of nat. sc., **3**, 1875—77 p. 21—37. Syn. of the Disc. Fg. of USA., p. 33.
Hysterographium viticola (C. et Peck.) Rehm, Ascom. n. 316.

Untersuchtes Material:

(56) *Hysterium viticola* C. et P. (Rabenhorst-Winter, Fungi europaei 2958). Amer. bot: New-field New Jersey. Ad sarmenta arida Vitis. leg. J. B. Ellis.

(57) *Hysterographium viticola* (Cooke) (sub. **Hysterium*-sec. cl. Ellis in litt.) (Rehm: Ascomyceten. Herb. G. Winter, 316.) Ad ramulos mortuos *Vitis* New-field New Jersey, N. A. 12 1875. leg Ellis.

(58) *Hysterographium viticola* Rehm. (de Thümen, Mycotheca universalis, 1074.) America septentr.: New-field New Jersey. Ad corticem vetustam *Vitis Labrusque* Lin. Aest. 1877. leg. J. B. Ellis.

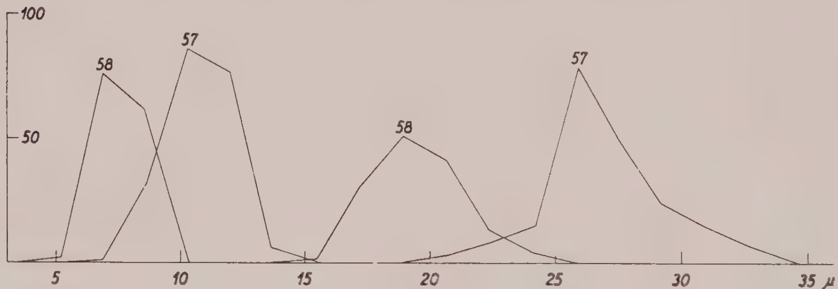


Abb. 34
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium viticola* (C. et P.) Rehm.
(Nr. 57, 58.)

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper der drei untersuchten Materialien sind meistens oval bis kugelig, selten lang gestreckt, zerstreut regellos auf dem Substrat sitzend, gerade, selten gekrümmt, meistens deutlich gestreift, Enden stumpf. (0,3) 0,5—0,8 (1,0) × 0,3—0,4 mm groß. Die Sporen besitzen 4—5 Hauptquerwände und sind längs meistens einfach, seltener zweifach geteilt (Abb. 38 d, e). Aus Nr. 2958 ist das Sporenmaterial für die Messungen zu schlecht. Nr. 316 besitzt 27,0 ± 2,55 × 10,9 ± 1,30 μ große Sporen (extreme Werte liegen bei 20 und 38 μ für die Längen, bei 5 und 14 μ für die Breiten); bei Nr. 1074 messen die Sporen 19,45 ± 1,77 × 7,63 ± 0,74 μ (die extremen Werte liegen für die Längen bei 15 und 24 μ, für die Breiten bei 4 und 9 μ). (Abb. 34).

Nach Rehm (1881) können die Sporen bis 36 × 12 μ groß werden. Bisby (1932) gibt für das untersuchte Typusmaterial 16—21 × 7—8 μ an, mit 3—5 Quer- und einer Längswand.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Vitis*.

Fundort: Nordamerika.

Bemerkungen: Ellis und Everhart (1892) stellten diese Art zu *H. mori*. Bisby (1932) ergänzt diese Angaben dadurch, daß er noch *Hysterium acuminatum* (ex Herb. Schw.), *H. Gerardi* C. et P., *H. guaraniticum* (Balansas plants). *H. Lesquereuxii* Duby, *H. putaminum* Cooke, *H. Rousselii* de Not., *H. variabile* C. et P. und *Glonium hyalosporum* Gerard ebenfalls als Synonym betrachtet. Die von Cooke als *H. viticola* var. *ruborum* C. (Rehm, Ascom. n. 364) aufgestellte Subspecies wird von Bisby ebenfalls zu *H. mori* gezählt. — Nr. 1074 stimmt mit den Beschreibungen von Bisby und ebenfalls mit denjenigen von *H. ruborum* f. *vitis* (Nr. 918). Nr. 316 mit den Beschreibungen von Rehm (1881) überein.

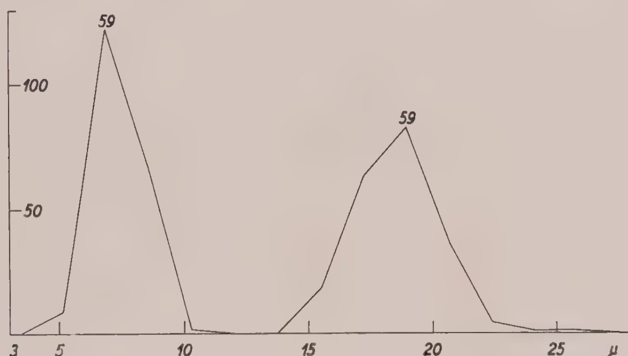


Abb. 35
Längen- und Breitenkurven
von *Hysterographium variabile* (C. et P.) Sacc. (Nr. 59)

16. *Hysterographium variabile* (C. et P.) Sacc.

Synonymie: *Hysterium variabile* C. et P. (M. C. Cooke, 1875. Bull. of the Buff. Soc. of Nat. sc., **3**, 1875—77, p. 33.)
Hysterographium variabile (C. et P.). Sacc. Syll., **2**, 1883, p. 780.

Untersuchtes Material:

(59) *Hysterographium variabile* (C. et P.) Sacc. (Cryptogamae Formationum Coloradensium F. E. et E. S. Clements, 241). Saprophilus sparsus ad ramos decorticatos putridosque *Cercocarpi parviflori* raro *Quercus* — *Cercocarpus* — *lochmodio*. Colorado City 1900 m. 20. August 1906.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper sind meistens kugelig, zum Teil leicht gestreift, $0{,}4—0{,}6 \times 0{,}2$ mm groß. Die Sporen besitzen 5—7 Hauptquerwände und sind meist einfach längs geteilt, in der Sporenmitte oft mauerförmig (Abb. 38f). Als Mittelwert und Streuung für die Sporen von Nr. 241 ergeben sich $18{,}5 \pm 1{,}75 \times 7{,}4 \pm 0{,}96\ \mu$, wobei die extremen Werte für die Längen 14 und 28 μ, für die Breiten 4 und 11 μ betragen (Abb. 35).

Die Beobachtungen von Cooke und Saccardo stimmen mit dem untersuchten Material überein; sie geben jedoch keine Sporengrößen an.

Bisby (1932) stellte an den beiden untersuchten Exsiccaten fest, daß die Sporen des einen (Typusmaterial) 16—22 × 7,5—9 μ, des andern 17—21 × 7,5—9 μ groß sind.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Quercus* (Herbarmaterial), *Castanea* (Saccardo, 1883, Cooke, 1875, Bisby, 1932).

Fundort: Colorado.

Bemerkungen: Bisby (1932) stellte fest, daß das Typusmaterial zu *H. mori* gehört, ebenso *Hysterium acuminatum* (of Herb. Schw.), *H. Gerardi* Cooke et Peck. *H. guaraniticum* (of Balansas plants), *H. Lesquereuxii* Duby, *H. putaminum* Cooke, *H. Rousselii* de Not., *H. variabile* C. et P., *H. viticola* C. et P. und *Glonium hyalosporum* Gerard. — Die Größen und Formen der untersuchten Sporen stimmen mit den Beschreibungen überein.

17. *Hysterographium portenum* Speg.

Spegazzini, Fungi arg. I, p. 185 (Pugillus I—IV. Buenos Aires, 1880—82.)

Untersuchtes Material:

(60) *Hysterographium portenum* Speg. (Rick, Fungi Austro-Americani, 274). In ligno frondoso. Sao Leopoldo 1907.

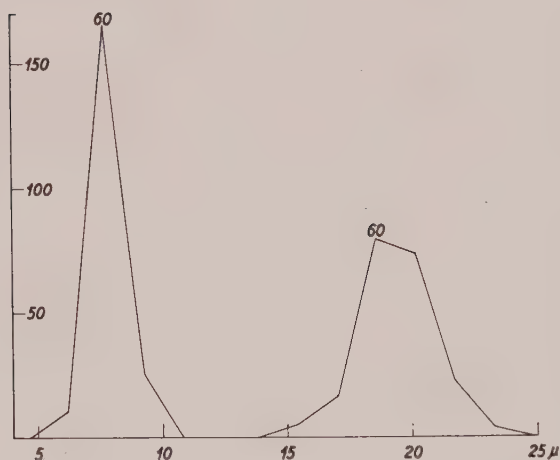


Abb. 36

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium portenum* Speg. (Nr. 60.)

Fruchtkörper- und Sporenform und -größe: Fruchtkörper sitzend, ziemlich regelmäßig parallel den Holzfasern gelagert, ziemlich dicht, Enden stumpf oder spitz, gestreift, 1 × 0,3 mm groß. Die Sporen besitzen meist drei Hauptquerwände und sind meist einfach längs geteilt (Abbildung 38 g). Die Messungen des untersuchten Materials ergeben 19,44 ± 1,42 × 7,85 ± 0,66 μ; die extremen Werte für die Längen liegen bei 15 und 23 μ, für die Breiten bei 6 und 8 μ (Abb. 36).

Nach Saccardo messen die Sporen 18—20 × 8—9 μ und sind quer 5 mal, längs 1—2 mal septiert.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Vorkommen: Saprophytisch auf faulem Holz.

Fundort: Argentinien.

Bemerkungen: Größe und Form des untersuchten Materials stimmen mit den Beschreibungen überein.

18. *Hysterographium ruborum* Cooke f. *vitis* Rehm.

Synonymie: *H. viticola* var. *ruborum* Cooke (vergl. *H. viticola*).
Hysterographium ruborum Cooke f. *vitis* Rehm, Ascom. 918. Hedwigia 1888. p. 169.

Untersuchtes Material:

(61) *Hysterographium ruborum* Cooke f. *vitis*. (Rehm: Ascomyceten 918). An der Rinde eines Weinstockes. New-field N. J. USA. 1884. leg. Ellis.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper sitzen zerstreut, parallel den Fasern gerichtet, leicht eingesenkt, etwas gestreift, Enden stumpf oder spitz, 1—1,5 × 0,3 — 0,4 mm groß. Die Sporen besitzen 3—5 Hauptquerwände, sind meistens einfach längs geteilt (Abb. 38h). Die eigenen Messungen betragen für Nr. 918 17,8 ± 1,70 × 7,62 ± 1,01 μ; die extremen Werte liegen für die Längen bei 14 und 21 μ, für die Breiten bei 4 und 9 μ (Abb. 37).

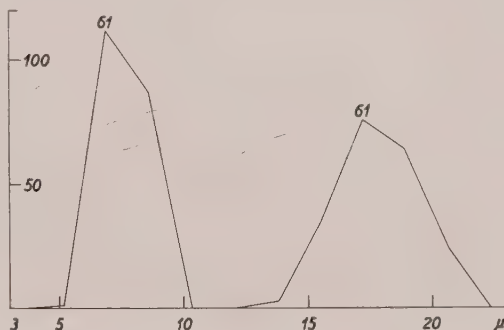


Abb. 37
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium ruborum* Cooke f. *vitis* Rehm. (Nr. 61.)

Rehm gibt die Sporengrößen mit 18—20 × 7—8 μ an.

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Vitis*, *Rubus*.

Fundort: Amerika.

Bemerkungen: Rehm (1888) gibt bekannt, daß sich *H. ruborum* f. *vitis* (Nr. 918) von *H. viticola* (Nr. 316) durch kleinere, quer höchstens 6-zellige Sporen unterscheidet. Form und Größe des untersuchten Materials stimmen mit der Beschreibung überein.

19. *Hysterographium guaraniticum* Speg.

Spegazzini, F. guar. II, Nr. 144.

Untersuchtes Material:

(62) *Hysterographium guaraniticum* Speg. n. sp. (C. Roumeguère. Fungi selecti exsiccati 5264.) Sur les poteaux de clotures rustiques à Guarapi (Paraguay) août 1883. leg. B. Balansa.

Fruchtkörper- und Sporentypen und -größen: Fruchtkörper oft dicht aneinander gereiht, parallel in der Faserrichtung liegend, oft lang gestreckt, Enden stumpf, 1—2 × 0,2 0,4 mm, gerade, selten gebogen. Sporen mit 5 Hauptquerwänden, meist einfach längs geteilt (Abb. 46a).

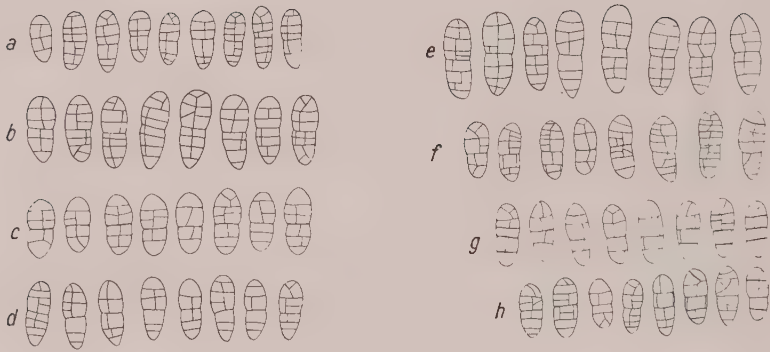


Abb. 38

Sporentypen von: a) *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm: b) *H. grammodes* (de Not.) Sacc.: c) *H. Rousselii* (de Not.) Sacc.; d) *H. viticola* (C. et P.) Rehm (Nr. 58); e) *H. viticola* (C. et P.) Rehm. (Nr. 57); f) *H. variabile* (C. et P.) Sacc.; g) *H. portenum* Speg.; h) *H. ruborum* Cooke. Vergr. 400 mal.

Saccardo gibt die Sporengrößen mit 20—25 × 7—8 μ an, Bisby (1932) mit 16—21 × 6—8 μ für Nr. 3953 leg. B. Balansa (Pl. du Paraguay). Die eigenen Messungen betragen 20,75 ± 2,13 × 7,48 ± 0,77 μ (extreme Werte von 15 und 27 μ für die Länge und 4 und 9 μ für die Breiten der Sporen). (Abb. 39.)

Nebenfruchtformen: Unbekannt.

Kultur: Nicht vorgenommen.

Vorkommen: Saprophytisch auf faulen Stämmen (Spegazzini, 1888), auf Zaunpfählen (Herbarmaterial).

Fundorte: Süd- und Nordamerika, Europa.

Bemerkungen: Bisby (1932) gibt an, daß das von ihm untersuchte Material zweifellos mit *H. mori* identisch ist. — Sporengrößen und -typen stimmen mit den Beschreibungen überein.

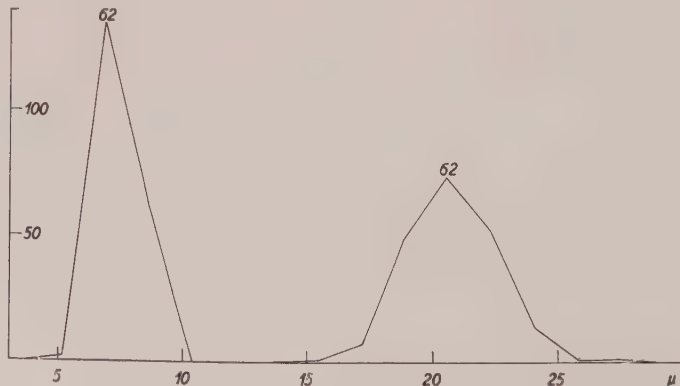


Abb. 39

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium guaraniticum* Speg. (Nr. 62.)

20. *Hysterographium punctiforme* Pat. et Gail.

Patouillard, N. et Gaillard, A., 1888. Champ. du Vén. et du Haut Orénoque, p. 120.

Untersuchtes Material:

(63) *Hysterographium punctiforme* Pat. et Gail. (Plantes du Haut-Orénoque, 78.) Bull. Soc. Myc. 1888, Nr. 222 sur écorce d'arbre (Légumineuse) Puerto-Zamuro. Juli 1887. leg. Gaillard.

Fruchtkörper- und Sporentypen und -größen: Die Fruchtkörper sitzen zerstreut auf Rinde, oft auf kleinem Fuß, sind gebogen, gerade, die Oberfläche gestreift, Enden spitz oder stumpf, 0,5—1,2 ×0,3—0,5 mm groß. Die Sporen weisen meist zwei Hauptquerwände auf und sind einfach längs geteilt (Abb. 46 b). Patouillard und Gaillard (1888) geben folgende Sporenmaße: 11—15 × 6—7 μ. Die Messung von 200 Sporen desselben Materials (Originalmaterial) ergibt: 16,97 ± 1,77 × 7,42 ± 0,58 μ mit extremen Werten für die Längen von 12 und 22 μ für die Breiten von 6 und 9 μ. (Abb. 40.)

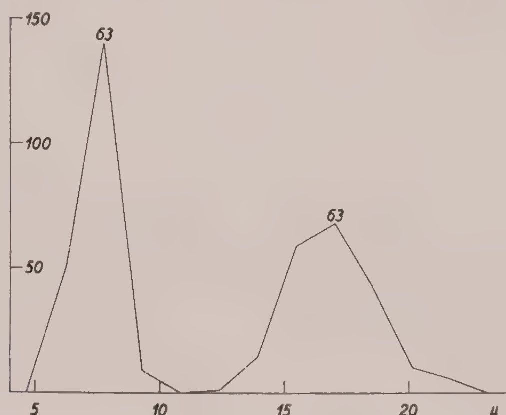


Abb. 40
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium punctiforme* Pat. et Gail. (Nr. 63.)

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: Leguminosen (Patouillard und Gaillard, 1888).

Fundort: Venezuela.

Bemerkungen: Fries (1822) beschrieb unter *Hysterium punctiforme* Fr. einen Pilz auf den Blattnerven von *Quercus*. Es handelt sich dabei, wie aus der Beschreibung hervorgeht, um einen Pilz, der nicht hierher gehört. — Die Sporen des untersuchten Materials sind etwas größer, als in der Originaldiagnose angegeben ist.

21. *Hysterographium incisum* Ell. et Ev.

Bull. Torr. Bot. Cl., **24**, 1897, p. 462.

Untersuchtes Material:

(64) *Hysterographium incisum* Ell. et Ev. (Cryptogamae Formationum Coloradensium. F. E. et E. S. Clements, 464.) Saprophilus gregarius in ramis decorticatis *Rhois trilobatae* raro *Pinus-Juniperus-hylio*. Port Garland 2400 m. 27. Juni 1907.

(65) *Hysterographium incisum* E. et E. (Plants of Southern Colorado, 30.) On Amelanchier. March, 1899. Hermosa. Coll. by C. F. Baker, det. by F. S. Earle

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper sind parallel der Längsachse gerichtet, ziemlich dicht gelagert, leicht gebogen oder gerade, sitzend, Enden stumpf. Ellis und Everhart geben die Sporengrößen mit 18—20 × 5—7 μ an, mit 3—4 Querwänden und einer oder keiner Längswand. Die eigenen Messungen ergaben für Nr. 464 20,57 ± 1,73 × 8,62 ± 0,87 μ (die extremen Werte liegen für die Längen bei 15 und 26 μ, für die Breiten bei 6 und 11 μ). (Abbildung 41.) Nr. 30 gehört seiner farblosen Sporen wegen in die Gattung *Gloniopsis*.

Die Sporen besitzen 3—5 Querwände und eine oder keine Längswand. (Abb. 46 c.)

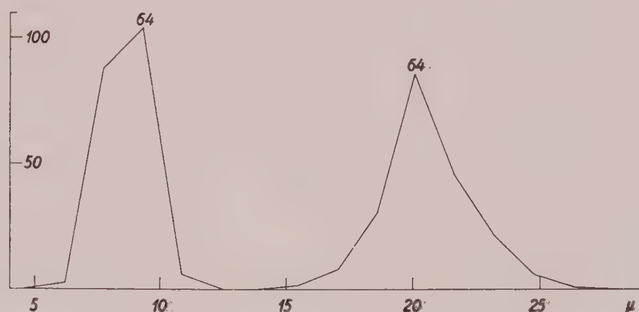


Abb. 41
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium incisum* Ell. et Ev. (Nr. 64.)

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht vorgenommen.

Vorkommen: Saprophytisch auf toten Laub- und Nadelhölzern.

Fundort: Amerika.

Bemerkungen: Nr. 464 ist eine alpine Art. Aus der Originalbeschreibung von Ellis und Everhart (1897) geht nicht hervor, ob das Typusmaterial ebenfalls aus alpinen Regionen stammt. Doch stimmt die Beschreibung mit dem untersuchten Material (Nr. 464) überein. Wahrscheinlich ist Nr. 464 zu *H. formosum* zu zählen. Größe und Form der untersuchten Sporen stimmen mit den Beschreibungen überein.

22. *Hysterographium subfuscum* Speg.

Untersuchtes Material:

(66) *Hysterographium subfuscum* Speg. Fg. 143. (B. Balansa.-Pl., du Paraguay. 1878—84, 3953). Guarapi, sur les poteaux des Natures, August 1883.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper sind meist dicht sitzend, mehr oder weniger parallel den Holzfasern dicht aneinander gelagert, gerade, gebogen, ziemlich stark gestreift, Enden stumpf, Holz oft schwarz verfärbend, 1—1,5 × 0,3 mm groß. Die Sporen besitzen meistens 5 Hauptquerwände und eine Längswand (Abb. 46 d). Sie messen 19,8 ± 1,77 × 6,09 ± 0,96 μ, mit extremen Werten bei 14 und 24 μ für die Längen und 4 und 8 μ für die Breiten (Abb. 42),

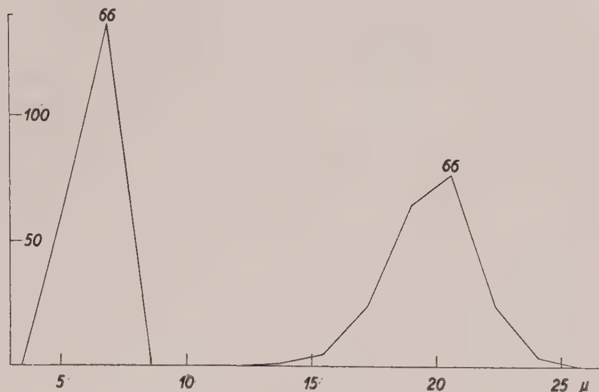


Abb. 42

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium subfuscum* Speg. (Nr. 66.)

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kulturen: Nicht durchgeführt.

Vorkommen: Saprophytisch auf Brettern.

Fundort: Paraguay.

Bemerkungen: Die Originaldiagnose konnte nicht ausfindig gemacht werden.

23. *Hysterographium levanticum* Rehm.

Synonymie: *Hysterographium viticola* var. *ruborum* Rehm.

Untersuchtes Material:

(67) *Hysterographium levanticum* Rehm (distributed by the Farlow Herbarium of Harvard University, Reliqu. Farlow, Exs. Nr. 129, als Synonym von *Hysterium viticola* var. *ruborum*, Rehm). On steams of *Rubus*, sp. indet. Massachusetts, Sharon, April 1890. leg. A. P. D. Piguet.

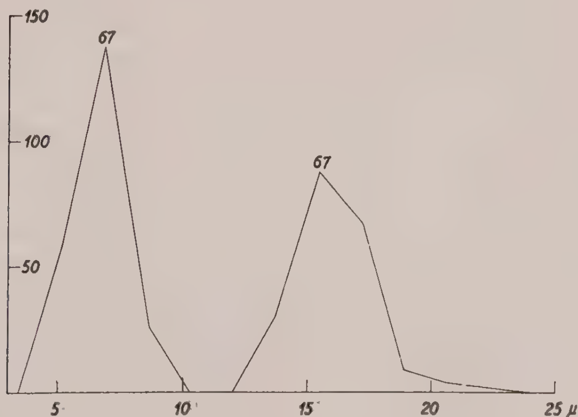


Abb. 43

Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium levanticum* Rehm. (Nr. 67.)

Fruchtkörper- und Sporentypen und -maße: Fruchtkörper gerade, gebogen, mehr oder weniger dicht gelagert, parallel der Längsachse gerichtet, gestreift, Enden stumpf oder spitz, 0,7—1 × 0,2 0,3 mm groß. Die Sporen besitzen 3 (4)—5 (6) Hauptquerwände und sind einfach längs geteilt (Abb. 46e). Sie messen 16,12 ± 1,60 × 6,62 ± 1,08 μ, wobei die extremen Werte bei 14 und 22 μ für die Längen und bei 4 und 9 μ für die Breiten liegen (Abb. 43).

Nebenfruchtformen: Nicht bekannt.

Kultur: Nicht durchgeführt.

Wirtswahl: *Rubus.*

Fundort: Amerika.

Bemerkungen: Die Originaldiagnose war nicht auffindbar: *H. levanticum* wird auf der Exsiccatenetiquette als Synonym von *H. viticola* var. *ruborum* Rehm angegeben.

24. *Hysterographium formosum* (Cooke) Sacc.

Synonymie: *Hysterium formosum* Cooke. Grevillea, 7, 1878/79, p. 3.
Hysterographium formosum (Cooke) Sacc. Syll., 2, 1883, p. 783.

Untersuchtes Material:

(68) *Hysterium formosum* Cke. On *Juniperus occidentalis.* Sierra Nevada Cal. leg.?

Fruchtkörper- und Sortentypen und -maße: Fruchtkörper einzeln, ellipsoidisch, gestreift, Enden stumpf, 1 × 0,4 mm. Die Sporen besitzen drei Hauptquerwände und sind längs einfach geteilt (Abbildung 46f). Cooke gibt für die Sporenmaße 23—25 × 12 μ an. Bisby (1932, p. 311) gibt für das Typusmaterial (n. 1020) die Sporen mit 18—24 × 7—10 μ an. Die eigenen Messungen ergaben 16,67 ± 1,35 × 7,76 ± 0,63 μ (extreme Werte: 12 μ und 20 μ für die Länge, 6 und 11 μ für die Breite). (Abb. 44.)

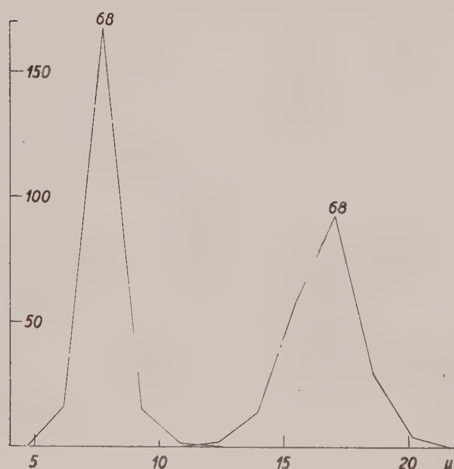


Abb. 44
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium formosum* (Cooke) Sacc. (Nr. 68.)

Nebenfruchtform: Lohman (1932) hat Mikrokonidien („Pyknosporen") in Reinkultur gefunden. Die regelmäßig kugeligen Höhlungen, 150—250 μ im Durchmesser, werden in Anhäufungen in der Oberflächenschicht des Nährbodens gebildet. Die Sporen quellen als schleimige Tröpfchen ins Freie. Sie sind kugelig oder länglich mit 2 oder 2,5 × 2 μ Durchmesser. Sie werden von umgekehrt birnförmigen Zellen von 4—6 μ Länge abgeschnürt. Sie gehören demselben Typus wie

die Nebenfruchtform von *Mytilidion tortile* an, also dem ersten, von Lohman aufgestellten Mikrokonidientypus mit kugeligen oder fast kugeligen Mikrokonidien, die an kleinen, ovalen Konidienträgern gebildet werden.

Kultur: Lohman (1932) hat *H. formosum* kultiviert und gefunden, daß *H. formosum* ein schwarzes, weiches Myzel bildet, dessen Oberfläche mit der Zeit grünlichgrau verfärbt wird. Ich habe *H. Pumilionis* kultiviert; das Myzel war ebenfalls schwarz gefärbt mit grün-braun-grauer Oberfläche (vergl. *H. Pumilionis)*, in Aussehen und Farbe ähnlich demjenigen von *Hysterium pulicare*.

Wirtswahl: Alpine Coniferen (Bisby, 1932), *Pinus albicaulis* (Lohman, 1932), *Pinus contorta, Juniperus occidentalis* (Cooke, 1878/79, Herbarmaterial). Der Pilz ist erst auf alpinen Nadelhölzern gefunden worden.

Fundorte: Amerika, Alpine Zone.

Bemerkungen: Bisby (1932) glaubt, daß *H. formosum* wahrscheinlich mit *H. mori* identisch ist und wahrscheinlich auch, da es sich hier um eine alpine Art handelt, dasselbe ist, wie das europäische ebenfalls alpine *H. Pumilionis* Rehm. — Die Messungen dieses Materials ergeben etwas kleinere Sporengrößen als in der Literatur angegeben wird Doch entsprechen die Sporenformen den Beschreibungen des Originalmaterials.

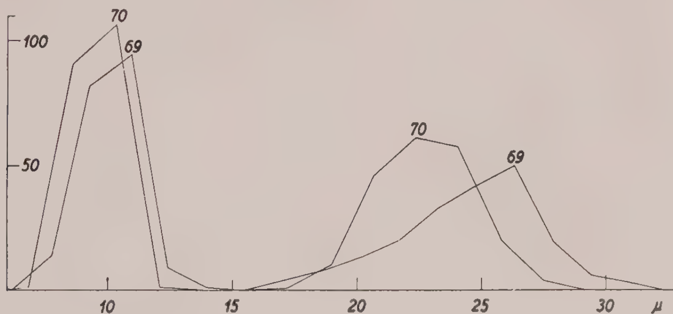


Abb. 45
Längen- und Breitenkurven von *Hysterographium Pumilionis* Rehm.
(Nr. 69, 70.)

25. *Hysterographium Pumilionis* Rehm.

Rehm, H., 1896, Ascom., p. 21.

Untersuchtes Material:

(69) *Hysterographium Pumilionis* Rehm. Schweiz: Val Tisch (Kt. Graub.). Auf *Pinus montana* Miller var. *Pumilio* (Hänke) Willkomm. 2100 m ü. M. (!) 27. August 1940.

(70) *Hysterographium Pumilionis* Rehm. Schweiz: Val Rots (Kt. Graub.). Auf *Pinus montana* Miller var. *Pumilio* (Hänke) Willkomm. 2200 m ü. M. (!) 28. August 1940.

Fruchtkörper- und Sporenformen und -größen: Die Fruchtkörper sind zerstreut sitzend, regellos, gebogen oder gerade, Enden spitz

oder stumpf, gestreift, 0,7—1,5 × 0,5 mm groß. Die Sporen besitzen (4) 5—6 (7) Hauptquerwände und sind einfach oder zweifach längs geteilt (Abb. 46 g). Das erste Material aus dem Val Tisch mißt 24,78 ± 2,98 × 10,00 ± 1,72 μ, das zweite Sporenmaterial aus dem Val Rots mißt 22,6 ± 1,98 × 9,5 ± 0,89 μ; die extremen Werte für die Längen liegen bei 17 und 31 μ, für die Breiten bei 6 und 14 μ (Abb. 45).

Rehm (1896) gibt für die Sporen seines im Ortlergebiet gefundenen Materials 18—24 × 7—8 μ an.

Nebenfruchtform: Nicht bekannt.

Kultur: Ich habe diesen Pilz rein kultiviert; das Myzel ist auf Malzagar zunächst schwarz, erhält aber mit der Zeit eine braungraue, oft grünliche Farbe, gleich wie es Lohman (1932) für *H. formosum* beschrieb.

Wirtswahl: Bis jetzt nur auf Legföhre gefunden.

Fundorte: Alpine Zone von Europa.

Bemerkungen: Rehm (1896) schreibt, daß *H. Pumilionis* sich von *H. Rousselii* nur durch die zarteren und vielfach gestreiften Apothezien und länglichen Sporen unterscheide. Bisby (1932) erwähnt, daß *H. Pumilionis* als europäische Form mit der amerikanischen *H. formosum*, einer ebenfalls alpinen Art, identisch ist.

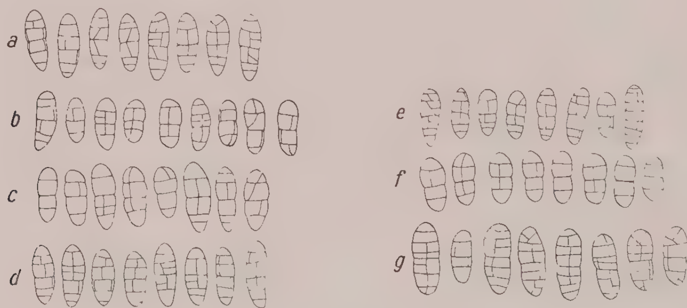


Abb. 46

Sporentypen von: a) *Hysterographium guaraniticum* Speg.; b) *H. punctiforme* Pat. et Gail.; c) *H. incisum* Ell. et Ev.; d) *H. subfuscum* Speg.; e) *H. levanticum* Rehm; f) *H. formosum* (Cooke) Sacc.; g) *H. Pumilionis* Rehm.
Vergr. 400mal.

Alle Infektionsversuche mit diesem Pilz verliefen negativ, da diese nur im Mittelland (also ca. 400—500 m. ü. M.) durchgeführt wurden. Wahrscheinlich war die durchschnittliche Temperatur zu hoch, so daß der Pilz zu langsam wuchs (vergl. Kapitel Biologie, Temperaturversuche). Aus dem Krankheitsbild auf Legföhren ist zu schließen, daß der Pilz wie *H. fraxini* ein Schwächeparasit ist (Tafel I, Abb. 2).

Sporenform und -größe stimmen ziemlich gut mit den Beschreibungen überein.

B. Schlußfolgerungen

1. Die in der Gattung *Hysterographium* auftretenden Sporentypen und die dazugehörenden Sporengrößen.

Aus den vorliegenden Einzeluntersuchungen geht hervor, daß die Größenverhältnisse in gewissem Zusammenhange mit den Sporentypen stehen: wenig-septierte Sporen sind klein, viel-septierte groß. Wie aus den verschiedenen Untersuchungen über *H. fraxini* zu schließen ist, können die Sporenlängen und -breiten großen Schwankungen unterworfen sein, so daß die Sporenmaße für eine systematische Unterscheidung direkt nicht in Frage kommen können. Die Sporentypen geben die Grundlage für die systematische Gliederung der Gattung *Hysterographium* Corda. Ob die Sporen in der Mitte eingeschnürt sind oder nicht, ist für die systematische Gliederung unwesentlich, da eingeschnürte und nicht-eingeschnürte Sporen in ein und demselben Fruchtkörper oft in gleichem Mengenverhältnis vorkommen. Die Wanddicken der Sporen variieren ebenfalls innerhalb derselben (früheren) Art; im allgemeinen sind sie bei den kleinen Sporen dünn, bei den großen dick. Die Nuancen der Sporenfarbe ergeben ebenfalls keine Unterscheidungsmerkmale: sie können innerhalb derselben Art verschieden sein, je nachdem reifes (hellere Farbe) oder überreifes Material (dunklere Farbe) zur Untersuchung vorliegt. Äußerliche Fruchtkörperunterschiede wie Größenverhältnisse, gestreift, nicht gestreift, Enden stumpf oder spitz usw. können für eine systematische Auseinanderhaltung von Arten hier nicht verwendet werden, da diese innerhalb der gleichen Art zu stark variieren. Ebensowenig ist die Wirtswahl (vergl. *H. fraxini*) für eine Auseinanderhaltung brauchbar, da die meisten Arten entweder saprophytisch auf totem Holz oder, wie *H. fraxini* wahrscheinlich als Schwäche-Parasiten vorkommen können, die nicht spezialisiert sind. Höchstens die Reinkultur und die biologischen Verhältnisse können als systematische Merkmale benützt werden; doch sind sie für die meisten bisher beschriebenen Arten nicht bekannt. Lohman (1932) hat in dieser Beziehung besondere Verdienste, da er einige Arten rein kultivierte. Die Höhen- oder Tiefenlagen geben in einzelnen Fällen gewisse Anhaltspunkte für die Artentrennung auf Grund biologischer Merkmale (vergl. *H. Pumilionis:* Temperaturansprüche). Die Nebenfruchtformen sind, soweit bis heute bekannt, als Artunterscheidungsmerkmale nicht zu gebrauchen, weil diese von ganz verschiedenen Arten, in gewissen Fällen sogar von verschiedenen Gattungen in Form und Bau übereinstimmen.

Die Bemerkungen verschiedener Autoren weisen deutlich darauf hin, wie unsicher die Abgrenzung der Arten ist. Bisby (1932) hat versucht, verschiedene Arten zusammenzuziehen; Lohman (1932) hat auf Grund seiner Untersuchungen in bezug auf die Reinkultur verschiedener Arten ebenfalls Zusammenziehungen vorgenommen. Ihre Vermutungen finden sich im Folgenden zum größten Teil bestätigt.

Es lassen sich auf Grund der untersuchten Materialien 4 Sporentypen unterscheiden:

Typus A: (für kleine Sporen) (3) 4—6 (8) einfache Querwände mit 1 oder 2 einfachen, durchgehenden oder nicht durchgehenden Längswänden. (Abb. 38; 46).

Typus B: (für mittlere Sporen) (6) 8—11 (14) einfache Querwände mit 1—2 (3) einfachen, meist durchgehenden Längswänden. Diese Sporen sind (selten) in der Mitte mauerförmig (parenchymatisch) geteilt. (Abb. 23 c, d, e; 26 a, b, c; 30 a).

Typus C: (für mittlere Sporen) parenchymatisch geteilte (mauerförmige) Sporen. Einzelne durchgehende Querwände können dabei gut ausgebildet sein; die Längswände sind nicht durchgehend. (Abb. 19; 23 a, b).

Typus D: (für die größten Sporen) (8) 10—14 (16) durchgehende Querwände mit 1—2 (3) meist durchgehenden Längswänden. Die Sporen sind z. T. in der Mitte parenchymatisch geteilt. Dieser Typus unterscheidet sich vom Typus B nur durch die Größenverhältnisse. (Abb. 26 d; 30 b, c).

Die Sporenmessungen von *H. fraxini* gehen erstens aus den Infektionsversuchen mit der gleichen 1-Sporkultur, zweitens aus Fruchtkörpern in 1-Sporkultur und drittens aus freilebendem Material hervor. Die Schwankungen der Sporenlängen und -breiten sind groß; jedoch bleibt die Sporenform im allgemeinen dieselbe. Das Gleiche ist bei den übrigen Sporentypen zu sehen. Die Sporengrößen innerhalb der einzelnen Typen liegen ungefähr in den gleichen Grenzen, wie sie der Typus C (*H. fraxini*) aufweist. Aus dem Längen-Breiten-Diagramm (Abb. 47) lassen sich diese Schwankungen herauslesen. Weiter ist aus Abb. 47 der direkte Zusammenhang zwischen Sporentypus und Sporengröße zu erkennen. - Die Sporen von Typus A grenzen sich ziemlich scharf in Größe und Form von den übrigen Typen ab. Die Sporen vom Typus B greifen etwas in die Zone der Sporen vom Typus C hinein; ihre Sporenformen sind oft nicht stark voneinander verschieden; es können beim Typus B mehr oder weniger mauerförmig geteilte Sporen angetroffen werden, währenddem beim Typus C oft die Querwände gut ausgebildet sind. Typus B und D unterscheiden sich nur durch die Größenverhältnisse, und bei Kenntnis von genügend viel Material werden auch hier wahrscheinlich in ihrer Zugehörigkeit zweifelhafte Funde gemacht werden. *H. formosum* weist z. B. oft kleinere und weniger stark septierte Sporen auf als *H. Pumilionis*. In beiden „Arten“ können jedoch gegenseitig Sporentypen der einen oder anderen „Art“ aufgefunden werden. Dasselbe ist auch bei *H. viticola* der Fall.

deren Sporengrößen verschiedener Exsiccaten relativ weit auseinander liegen. Verglichen mit *H. fraxini* (Infektionsversuche und freilebendes Material) fallen diese Unterschiede nicht stark ins Gewicht, da dort z. B. fast kugelige, wenig septierte (mauerförmige) Sporen neben großen, langovalen Sporen mit gut ausgebildeten Querwänden auftreten können. Ganz abgesehen davon liegen die Mittelwerte der erwähnten „Arten" nach der eingangs erwähnten Johannsen'schen Rechenmethode über die Sicherheit der Größen in bezug auf die Unterscheidung zweier Arten zu nahe

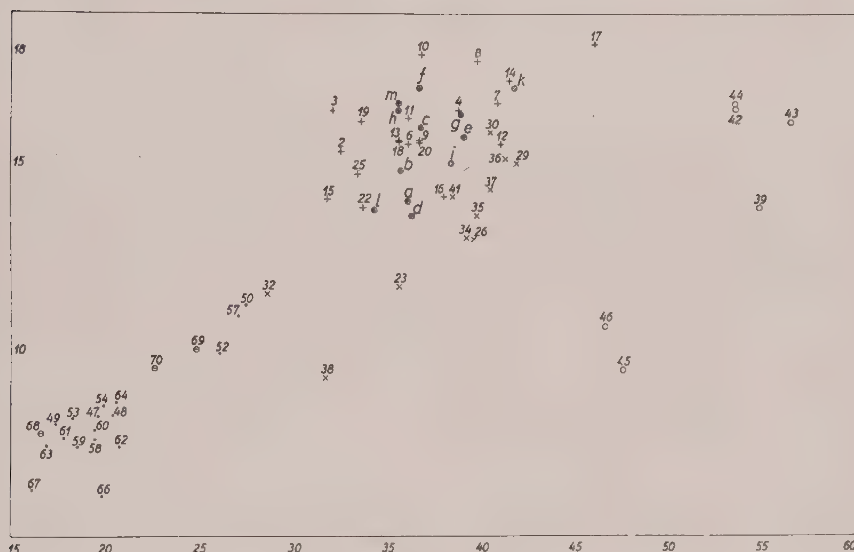


Abb. 47

Längen-Breiten-Diagramm aller gemessenen *Hysterographium*-Arten.

• Typus A — + Typus C

⊙ Typus A (alpine Art) — (±) Typus C (Infektionsversuch)

╳ Typus B — ○ Typus D.

Zahlen = Laufende Nummer. — Buchstaben = Infektionsversuche.

beieinander. Diese, auf den ersten Blick vielleicht als verschieden aufzufassende Arten, sind einander gleich. Wenn die Zwischenformen der untersuchten Arten noch miteingerechnet werden, dann verwischt sich eine allfällige Trennung noch mehr, da die Abstände zwischen den Mittelwerten von Sporen gleichen Typus zu klein werden.

2. Zusammenziehung der Arten.

Die heute bestehenden Arten müssen nach Kenntnis der Variationsbreiten und der Sporentypen in folgende 5 Arten zusammengefaßt werden, von denen die beiden ersten dem Typus A entsprechen, die 3. dem Typus B, die 4. dem Typus C und die 5. dem Typus D

Unter die 1. Art vom Typus A fallen:

Hysterographium mori (Schw.) Rehm
Hysterographium grammodes (de Not.) Sacc.
Hysterographium Rousselii (de Not.) Sacc.
Hysterographium viticola (C. et P.) Rehm
Hysterographium variabile (C. et P.) Sacc.
Hysterographium portenum Speg.
Hysterographium ruborum Cooke f. *vitis* Rehm
Hysterographium guaraniticum Speg.
Hysterographium punctiforme Pat. et Gail.
Hysterographium incisum Ell. et Ev.
Hysterographium subfuscum Speg.
Hysterographium levanticum Rehm

Nach den Prioritätsregeln erhält diese Art den Namen *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm emend. Zogg. Ihre Diagnose lautet:

Hysterographium mori (Schw.) Rehm emend. Zogg

Fruchtkörper dicht oder zerstreut sitzend oder leicht eingesenkt, selten auf kurzem Fuß, selten verzweigt, länglich oval, selten kugelig oder langgestreckt, schwarz, spröde, gestreift oder nicht gestreift, Enden stumpf oder spitz, gerade oder leicht gekrümmt, (0.4) 0.8—1.3 (1.5) × 0.2—0.5 mm groß, ascolocularer Aufbau. Asci keulig bis langgestreckt. inoperculat, 8-sporig. Sporen (3)4—6 (7) durchgehende Querwände, 1 durchgehende oder nicht durchgehende Längswand, braun (je nach Alter rußfarben, honigbraun oder rotbraun), (15) 17—25 (28) × (5) 6—10 (12) μ groß.

Nicht spezialisiert.

Kosmopolit.

Unter die 2. Art vom Typus A fallen:

Hysterographium formosum (Cooke) Sacc.
Hysterographium Pumilionis Rehm
Hysterographium incisum (Exs. nr. 464).

Diese Art erhält den Namen *Hysterographium formosum* (Cooke) Sacc. emend. Zoog.

Hysterographium formosum (Cooke) Sacc. emend. Zogg.

Die Art unterscheidet sich morphologisch nicht von *H. mori* (Schw.) Rehm emend. Zogg. Sie ist wegen ihres biologischen Verhaltens (Temperaturansprüche) von dieser abzutrennen. Der Pilz ist bis heute nur auf Nadelhölzern der alpinen Regionen gefunden worden.

Unter die Art vom Typus B fallen:

Hysterographium elongatum (Wahlenb.) Corda
Hysterographium subrugosum (C. et E.) Sacc.
Hysterographium naviculare Karst.

Hysterographium Rehmianum Sacc.
Hysterographium kansense Ell. et Ev.
Hysterographium hiascens Rehm. (Exs. nr. 3564; nr. 206, Demetrio).
Hysterographium vulvatum (Schw.) Rehm. Exs. nr. 624, Britzelmayr).

Diese Art erhält den Namen *Hysterographium elongatum* (Wahlenb.) Corda emend Zogg. Die Diagnose lautet:

***Hysterographium elongatum* (Wahlenb.) Corda emend. Zogg**

Fruchtkörper meist zerstreut, sitzend oder leicht eingesenkt, gerade oder leicht gekrümmt, selten verzweigt, gestreift oder nicht gestreift, länglich oval, selten kugelig oder langgestreckt, schwarz, spröde, Enden stumpf oder spitz, (0.6) 0.8—1.5 (2) × (0.2) 0.3—0.5 (0.6) mm groß, ascolocularer Aufbau. Asci keulig bis langgestreckt, inoperculat, 8-sporig. Sporen (6) 8—11 (14) einfache Querwände und 1—2 (3) einfache, meist durchgehende Längswände, in der Mitte selten mauerförmig geteilt, honigbraun bis dunkelrotbraun, (28) 32—41 (44) × (8) 10—15 (18) μ groß.

Nicht spezialisiert.

Kosmopolit.

Unter die Art vom Typus C fallen:

Hysterographium fraxini (Pers.) de Not.
Hysterographium stygium (Cooke) Sacc.
Hysterographium hiascens Rehm. (Exs. nr. 7; nr. 772, Ellis).

Die Art erhält den Namen *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. emend. Zogg. Ihre Diagnose lautet:

***Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. emend. Zogg**

Fruchtkörper meist zerstreut, sitzend oder leicht eingesenkt, gerade oder leicht gekrümmt, selten verzweigt, gestreift oder nicht gestreift, länglich-oval, selten kugelig, selten langgestreckt, schwarz, spröde, Enden stumpf oder spitz, (0.3) 0.5—1.5 (2) × (0.2) 0.3—0.5 (0.8) mm groß, ascolocularer Aufbau. Asci keulig bis langgestreckt, inoperculat, 8-sporig. Sporen typisch mauerförmig (parenchymatisch), oft einzelne durchgehende, gut ausgebildete Querwände, honigbraun oder dunkelrotbraun (je nach Alter), (30) 31—46 (51) × (12) 13—18 (22) μ groß.

Nicht spezialisiert.

Kosmopolit.

Unter die Art vom Typus D fallen:

Hysterographium flexuosum (Schw.) Sacc.
Hysterographium vulvatum (Schw.) Rehm. (Exs. nr. 3163, 60 H. vulv. Herb. Pazschke, leg. Ellis).
Hysterographium prominens (Phill. et Hark.) Berl. et Vogl.

Die Art erhält den Namen *Hysterographium flexuosum* (Schw.) Sacc. emend. Zogg. Die Diagnose lautet:

Hysterographium flexuosum **(Schw.) Sacc. emend. Zogg**

Fruchtkörper meist zerstreut, sitzend oder leicht eingesenkt, gerade oder leicht gekrümmt, selten verzweigt, gestreift oder nicht gestreift, länglich-oval, selten kugelig oder langgestreckt, schwarz, spröde, Enden stumpf oder spitz, (0.5) 1—1.5 (2) × 0.3—0.5 mm groß, ascolocularer Aufbau. Asci keulig bis langgestreckt, inoperculat, 8-sporig. Sporen (8) 10—14 (16) durchgehende Querwände, 1—2 (3) durchgehende Längswände, selten in der Mitte parenchymatisch geteilt, honigbraun bis dunkelrotbraun, (40) 45—60 (70) × (8) 9—17 (19) μ groß.

Diese Art unterscheidet sich von *H. elongatum* (Wahlenb.) Corda emend. Zogg nur durch die deutlich größeren Sporen.

Nicht spezialisiert.

Kosmopolit.

III. Teil.

Die Gliederung der *Hysteriales*.

Die verschiedenen Auffassungen über die Zugehörigkeit von Gattungen und Familien zu den *Hysteriales* hat Bisby (1923) in seiner Arbeit dargelegt. Gäumann (1926) bemerkt zu den *Hysteriales*, daß diese eine ganz heterogene Gruppe darstellen. Er sieht jedoch von einer Umgruppierung ab, da damals zu wenig Untersuchungen der einzelnen Vertreter dieser Reihe vorlagen. 1932 hat Nannfeldt unter den höheren Ascomyceten zwei Gruppen voneinander getrennt: Die *Ascoloculares* und *Ascohymeniales*. Die *Ascoloculares* stehen mangels echter Paraphysen auf einer niedereren Entwicklungsstufe als die *Ascohymeniales*, die echte Paraphysen, also ein echtes Hymenium, besitzen. Bei der Untersuchung einiger Vertreter der *Hysteriales* zeigte sich, daß die *Hypodermataceae* dem ascohymenialen Typus, die *Hysteriaceae* hingegen dem ascolocularen Typus angehören und somit voneinander zu trennen sind. Terrier (1942) faßt die *Hypodermataceae* und *Rhytismaceae* in einer Reihe, den *Hypodermatales*, zusammen, da ihre Vertreter (ursprünglich zu den *Hysteriales* gezählt) in einem langgestreckten, sich mit einer Spalte längs öffnenden Stroma, bestehend aus Deck- und Basalschicht, mit innerem Stroma, ein echtes Apothezium besitzen. Nach dieser Abspaltung verlieren die *Hysteriales* einen großen Teil ihres früheren Bestandes. Ich möchte daher vorschlagen, den *Hysteriales* nur ascoloculare Formen einzureihen. Nach den heutigen Untersuchungen beherbergen die *Hysteriales* vorläufig die *Hysteriaceae* als einzige Familie.

Zusammenfassung

1. *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. ist ein nicht-spezialisierter fakultativer Saprophyt. Zu seinem Start braucht er totes Gewebe, von welchem aus er nur bei geschwächten Wirtspflanzen auf lebendes Gewebe übergehen kann.
2. In Reinkultur werden Haupt- und Nebenfruchtformen gebildet. *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. ist homothallisch und entwickelt sich nach dem *Neurospora sitophila*-Typus. Die Fruchtkörper besitzen ascolocularen Aufbau. Die Mikrokonidien sind als vegetative Gebilde zu betrachten.
3. Nach den Untersuchungen von 25 verschiedenen Arten der Gattung *Hysterographium* Corda sind diese in fünf Arten zusammenzuziehen, nämlich in 1. *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. emend. Zogg. 2. *Hysterographium mori* (Schw.) Rehm emend. Zogg, 3. *Hysterographium formosum* (Cooke) Sacc. emend. Zogg, 4. *Hysterographium elongatum* (Wahlenb.) Corda emend. Zogg. 5. *Hysterographium flexuosum* (Schw.) Sacc. emend. Zogg.
4. Die *Hysteriales* umfassen nur ascoloculare Formen, vorläufig die *Hysteriaceae* als einzige Familie.

Literaturverzeichnis

Berlese, A. N. et Voglino, P., 1886. Add. Sacc. Syll., **1—4**, 484 p.

Bisby, G. R., 1923. The literatur on the classification of the Hysteriales. Transact. Brit. myc. soc., **8**, 1923, p. 176—189.

Bisby, G. R., 1932. Type specimens of certain Hysteriales. Mycologia, **24**, 1932, p. 304—329.

Bolton, J., 1788—91. An history of fungusses growing about Halifax. Huddenfield.

Brefeld, O., 1891. Untersuchungen aus dem Gesamtgebiet der Mykologie. Münster i.W., **9**, p. 47; **10**, p. 271—272.

Briquet, J., 1935. Internationale Regeln der botanischen Nomenclatur. Verlag G. Fischer, Jena, 152 p.

Buchwald, N. F., 1939. Fungi imperfecti (Deuteromycetes). Kopenhagen, 134 p.

Candolle, A. P. de., 1830. Botanicon gallicum.

Castagne, L., 1851. Catalogue des plantes qui croissent aux environs de Marseille, Aix, 1845, 263 p. — Suppl. Aix, 1851.

Cooke, M. C., 1871. Handb. of brit. Fungy.

Cooke, M. C., 1875. Syn. of the disc. Fg. of USA. Bull. Buff. soc. nat. sc., **3**, 1875—77, p. 21—37.

Cooke, M. C., 1878. Californian Fungi. Collected by W. Harkness, determined by M. C. Cooke. Grevillea, **7**, 1878—79, p. 1—4.

Cooke, M. C., 1882—83. North American Fungi. Grevillea, **11**, 1882—83, p. 106.

Cooke, M. C., 1892. Handb. austr. Fung., 458 p.

Cooke, M. C. and Ellis, J. B., 1876—77. New Jersey fungi. Grevillea, **5**, 1876—77, p. 54.

Corda, A. C. I., 1842. Icones Fungorum husque cognitorum, p. 92.

Desmazières, J. B. H. J., 1853. Vingt-deuxième Notice sur les Plantes récemment découvertes en France. Ann. des sc. nat. Bot. sér. 3, **22**, p. 228—230.

Dimock, A. W., 1937. Observations on sexual relations in Hypomyces ipomoeae. Mycologia, **29**, 1937, p. 116—127.
Dimock, A. W., 1937. Hybridization studies on a zinc-induced variant of Hypomyces ipomoeae. Mycologia, **29**, 1937, p. 273—285.
Duby, J. E., 1862. Mémoires sur la tribu des Hystérinées. Mém. de la soc. phys. et d'hist. nat. de Genève, **16**, 1862, p. 15—70.
Ellis, J. B. and Everhart, B. M., 1894. New West American Fungi. Erythea, 2, p. 17—27.
Ellis, J. B., 1897. New. spec. of fung. from various localities. Bull. of the Torrey bot. club, **24**, 1897, Nr. 10, p. 457—477.
Feltgen, J., 1903. Vorstudien zu einer Pilzflora des Großherzogtums Luxemburg. 315 p. in Recueil des Mémoires et des Travaux de la Soc. bot. du Grand Duché de Luxembourg, Nr. 16, 1902—1903.
Ferdinandsen, C. und Jørgensen, C. A., 1938—39. Skovtraeernes Sygdomme. Kopenhagen, 1939—40, 570 p.
Fischer, E. und Gäumann, E., 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitischen Pilze. Jena, 428 p.
Fries, E, 1822. Systema mycologicum.
Fuckel, L., 1869—70. Symbolae mycologicae. Wiesbaden, 459 p.
Gäumann, E, 1926. Vergleichende Morphologie der Pilze. Jena, 626 p.
Gäumann, E., 1940. Neuere Erfahrungen über die Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten. Zeitschrift für Botanik, **35**, 1940, p. 433—513.
Hilitzer, A., 1929. Etude monogr. s. l. esp. l'ordre Hysteriales. Prag, 162 p.
Höhnel, v. F., 1918. Morphologische Fragmente. Ann. Myc., **16**, 1918, p. 35—174.
Johannsen, W., 1913. Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena, 2. Aufl, 723 p.
Karsten, P. A., 1880. Pyrenomycetes aliquot novi. Hedwigia, **19**, 1880, p. 118 und Medd. of Soc. pro Fauna et Flora fennica, **5**, 1880, p. 47—51.
Kickx, J., 1867. Flore cryptogamique des Flandres, **1**, 2, Gand., Paris, 490 p.
Kollmann, F., 1941. Die Esche und ihr Holz. Berlin, 147 p.
Link, H., 1825. Species Hyphomycetum et Gymnomycetum. Pars II.
Lohman, M. L., 1930. A study of Glonium parvulum in culture. Papers of Michigan Ac. of sc. arts and letters, p. 141—157.
Lohman, M. L., 1932. Hysteriaceae: Life-histories of certain species. Papers of the Michigan Ac. of sc., arts and letters, **17**, 1932, p. 229—287.
Massee, G., 1893—94. Revised Descriptions of Type specimens in Kew Herbarium. Grevillea, **22**, 1893—94, p. 31—35.
Nannfeldt, J. A., 1932. Studium über die Morphologie und Systematik der nichtlichenisierten inoperculaten Discomyceten. Nova Acta societatis scient. Uppsaliensis, Ser. 4, **8**, 1932, Nr. 2, 368 p.
Notaris, C. G. de, 1847. Prime linie di una nuova disposizione de Pironomiceti Isterini. Giorn. bot. ital. (F. Parlatore), **2**, Anno II, Part. I, Fasc. 7—8, p. (5)—(52).
Nüsslin, O., 1913. Leitfaden der Forstinsektenkunde. 2. Auflage. Berlin.
Patouillard, N. et Gaillard, A., 1888. Champ. du Vénézuéla et du Haut-Orénoque. Bull. Soc. bot. et myc. de France, **4**, 1888, p. 92—129.
Persoon, C. H., 1801. Synopsis methodica fungorum. Gottingae, 706 p.
Petrak, F., 1922. Beitrag zur Pilzflora von Albanien und Bosnien. Ann. myc., **20**, 1922, p. 7.
Phillips, W. and Harkness, W., 1884. Fungy of California. Bull. of the calif. acad. of scienc., **13**, Nr. 1, Februar 1884, 21—25 p.
Rabenhorst, L., 1884. Deutschl. Krypt. Fl. Leipzig, 614 p.
Rehm, H., 1881. Ascomyceten, Fasc. VII. 26. Bericht des Nat.-hist. Vereins in Augsburg, 1881, p. 76—87.

Rehm, H., 1882. Ascom. Fasc. XIII. Hedwigia, **21**, 1882, p. 65—75.
Rehm, H., 1884. Ascom. Fasc. XI. Hedwigia, **23**, 1884, p. 69—77.
Rehm, H., 1888. Ascom. Fasc. XIX. Hedwigia, 27, 1888, p. 163—175.
Rehm, H., 1896. Pilze Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. Rabenh. Kr. Fl. 2. Aufl. Ascom. Hysteriaceen und Discomyceten, p. 16—22.
Rostrup, E., 1883. Fortsatte Undersøgelser over Snyltesvampenes Angreb paa Skovtraeerne. Tidskr. f. Scovbrug, **6**, 1883, p. 199—300.
Rostrup, E., 1902. Plante patologie. (Handbuch.) Kopenhagen, 640 p.
Saccardo, P. A. Michelia, **1** (1877—79), Michelia, **2**, (1882).
Saccardo, P. A. Sylloge Fungorum. (**2**, 1883, p. 776—783; **9**, 1891, p. 1119—1123; **11**, 1895, p. 389; **14**, 1899, p. 718—719; **16**, 1902, p. 668—669, 1145; **17**, 1905, p. 912—913; **22**, 1913, p. 573—574, **24**, 1928, p. 1120—1122.
Schwarz, O., 1933. Die Zweigdürre des Ölbaumes, verursacht durch *Hysterographium oleae* n. sp., eine bisher unbeachtet gebliebene Pflanzenkrankheit des östlichen Mittelmeergebietes. Phytopathologische Zeitschrift, **6**, 1933, p. 103—110.
Schweinitz, L. D. de, 1822. Synopsis fung. Carolinae sup. Schriften d. nat. f. Ges. zu Leipzig, p. 20—131.
Schweinitz, L. D. de, 1831, 1834. Synopsis fungorum Amer. bor. Transact. of the american philos. soc., **4**, New ser., 1834, p. 141—316.
Spegazzini, C., 1880. Fungi argentini. Pugillus I. Anal. Soc. cient. Arg. Buenos Aires, **9**, 1880, p. 158—192.
Spegazzini, C., 1888. Fungi guaranitici. II. Pugillus II. Ann. Soc. cient. Arg. Buenos Aires, **26**, 1888, p. 5—74.
Terrier, Ch. A., 1942. Essai sur la systématique des *Phacidiaceae* (Fr.) sensu Nannfeldt (1932). Beitrag zur Kryptogamenflora der Schweiz, 1942, **9**, H. 2, p. 1—99.
Thomas, E. A., 1939. Über die Biologie von Flechtenbildnern. Beitrag zur Kryptogamenflora der Schweiz, **9**, 1939, H. 1, p. 1—208.
Tulasne, L. R., 1851. Note sur l'appareil reproducteur dans les lichens et les champignons. I. C. R. acad. sc. Paris, **32**, 1851, p. 427—430.
Wahlenberg, G., 1812. Flora lapponica. Berolini, 550 p.
Wallroth, F. G, 1833. Flora crypt. germaniae. Pars. II. Norimbergae, 923 p.
Wettstein, R., 1935—37. Handbuch der systematischen Botanik. Verlag Deuticke. Leipzig und Wien.
Zahlbruckner, A., 1907. Ascolichenes. Engler, A. und Prantl, K. Die natürlichen Pflanzenfamilien. Lichenes. I. Teil, Abt. 1.
Zöller, W., 1925. Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers. Verlag O. Schlegel, Berlin.

Erklärung der Tafeln

Tafel I

Abb. 1: Zwei von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. abgetötete Exemplare von *Fraxinus excelsior* L. (Kt. Tessin, Verzascatal, zwischen Contra und Mergoscia. Phot. (!).

Abb. 2: Von *Hysterographium Pumilionis* Rehm (= *H. formosum* [Cooke] Sacc.) befallene Legföhren (*Pinus montana* Miller var. *Pumilio* [Hänke] Willkomm.). (Kt. Graubünden, Val Rots.) Phot. (!).

Abb. 3: Von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. abgetötete *Olea europaea* L. (Kt. Tessin, Gandria). Phot. (!).

Abb. 4: Fruchtkörper von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf Zweig von *Fraxinus excelsior* L. (Vergr. ca. 1,5 mal). Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 5: Fruchtkörper von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. aus Infektionsversuchen auf *Olea europaea* L. (1-Sporkultur von *Fraxinus excelsior* stammend: auf Brandwunde eines Ölbaumzweiges). (Vergr. ca. 1,5 mal.) Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 6: Ausschnitt aus dem gleichen Infektionsversuch auf *Olea europaea* L. Junge, hervorbrechende Fruchtkörper neben alten, reifen Fruchtkörpern. (Vergr. 6 mal.) Photogr. Institut, E. T. H.

Tafel II

Abb. 1: 1-Sporkultur auf Malzagar von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. von *Fraxinus excelsior* L. stammend. Fruchtkörperbildung in Zonen. (Vergr. ca. 1,5 mal.) Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 2: Einzelne Fruchtkörper mit breiter Spalte von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. auf Malzagar. (Vergr. 8 mal.) Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 3: Querschnitt durch eine junge Fruchtkörperanlage in 1-Sporkultur von *Hysterographium fraxini* (Pers.) de Not. (Die schwarzen Flecke links und rechts im Bild: Beginnende Gehäuseentwicklung; die Reihe schwarzer Punkte von links nach rechts in der unteren Bildhälfte = Agaroberfläche; oben Luftmyzel, unten Myzel im Agar. Großer schwarzer Fleck in der Mitte der unteren Bildhälfte: Teil eines Ascogons auf Agareinschluß liegend. Daraus heraus wächst eine Empfängnishyphe (dunkel) in das Luftmyzel. Links davon, im Luftmyzel, eine zweite Empfängnishyphe, angeschnitten. (Vergr. ca. 30 mal.) Phot. Braun.

Tafel I



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

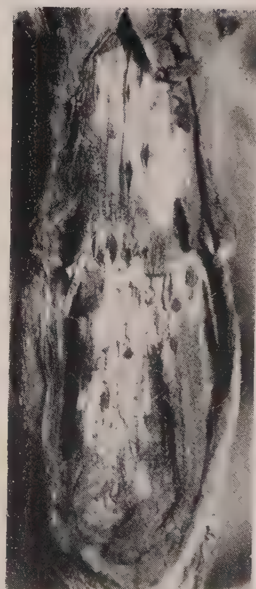


Abb. 5

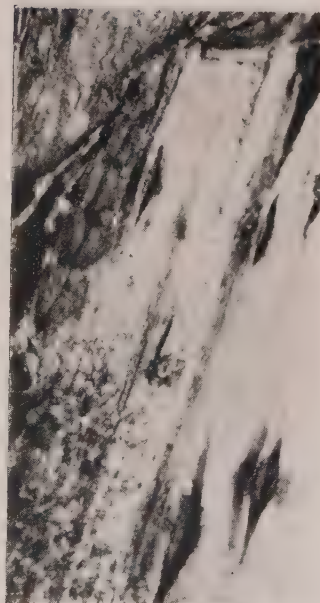


Abb. 6

Tafel II

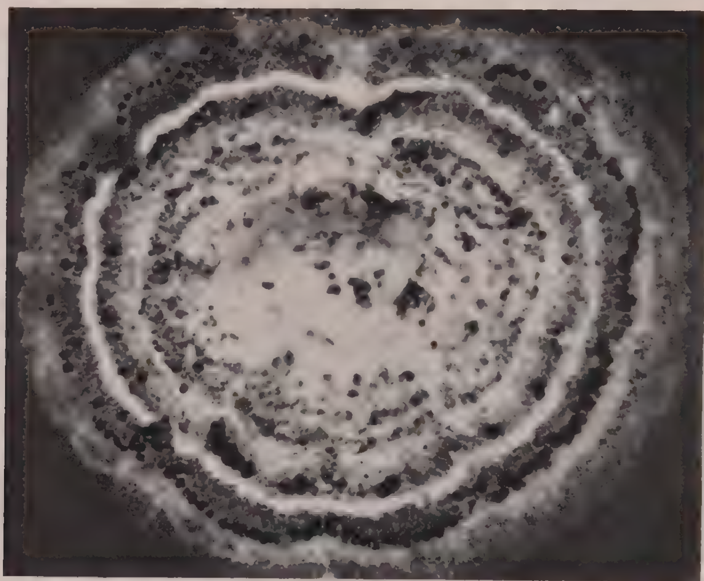


Abb. 1

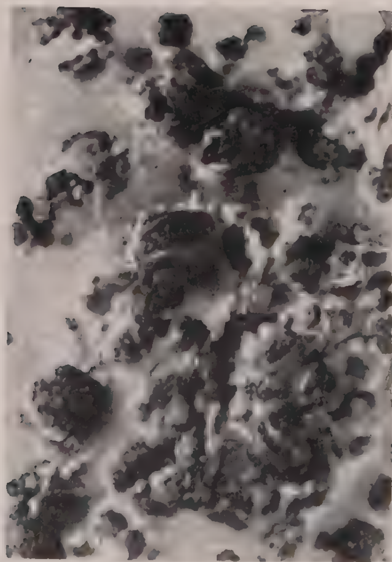


Abb. 2

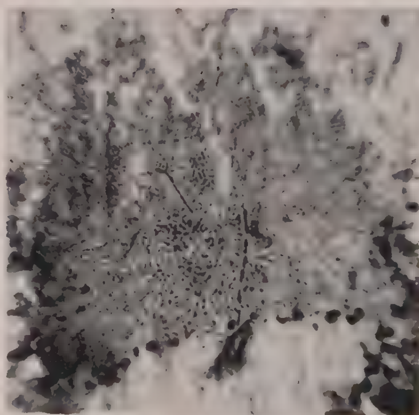


Abb. 3

Kurze Mitteilungen.

Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle

Von **Gustav Gaßner**

(Mit 2 Abbildungen)

Unter der obigen Überschrift hat Klages 1927 über eigenartige Wirkungen der Quecksilberalkyle auf die Keimung und erste Entwicklung von Getreidepflänzchen berichtet. „Keimwurzeln und Koleoptile sind bei den behandelten Körnern sehr kurz und bedeutend dicker als bei unbehandelten". Wir wissen heute, daß diese merkwürdigen Entwicklungsabweichungen auf Störungen des Zellteilungsprozesses beruhen. Vor allem Kostoff (1941) hat gezeigt, daß Quecksilberalkyle bei entsprechend hoch gewählten Konzentrationen die gleichen Wirkungen ausüben, wie Colchicin, Acenaphten und andere Stoffe, welche die normalerweise an den Kernteilungsvorgang anschließende Zellwandbildung unterdrücken und dadurch zur Entstehung von Zellen mit mehrfachen Chromosomensätzen, also zur Polyploidie führen. Die Anwendung solcher Stoffe spielt heute in der Pflanzenzucht eine bedeutende, in ihren praktischen Auswirkungen allerdings möglicherweise überschätzte Rolle; auf jeden Fall ist es möglich, auf verhältnismäßig einfachem Wege zu Pflanzenformen zu kommen, die eine gesteigerte Chromosomenzahl und dementsprechend abweichende Formen und Leistungen aufweisen. Diese Erkenntnis ist erst recht jungen Datums; deshalb dürfte die Feststellung von einem gewissen Interesse sein, daß Klages bereits 1927 und als erster durch Anwendung chemischer Stoffe Polyploidie erzielt hat, wenn auch die Ursache der beobachteten Wachstumsanomalien damals nicht erkannt wurde und von dem überwiegend chemisch eingestellten Verfasser auch nicht gedeutet werden konnte.

Der Schwerpunkt der Mitteilung von Klages und ihr eigentlicher Wert liegen in dem Nachweis der durch Überbeizung von Getreidekörnern mit Quecksilberalkylen ausgelösten merkwürdigen Entwicklungsstörungen. Daneben macht der Verfasser einige Angaben über die Giftwirkung der Quecksilberalkyle auf die Sporen des Gerstenhartbrandes; in Übereinstimmung mit den älteren Untersuchungen von Gaßner und Esdorn, die bereits 1923 die hohe fungizide Wirkung des als Vertreter der Hg-Alkyle untersuchten Methyl-Hg-jodids und damit auch die Möglichkeit einer Verwendung dieser Gruppe zu Beizzwecken nachgewiesen hatten, wird erneut festgestellt, daß diese Stoffe tatsächlich bereits in äußerst starken Verdünnungen die Sporen abtöten.

Eine chemotherapeutische Bewertung der von Klages untersuchten Quecksilberverbindungen wird von diesem Autor nicht vorgenommen, obwohl der Verfasser einleitend auf unsere früheren diesbezüglichen Untersuchungen (Gaßner, Gaßner und Esdorn, 1923) hinweist, nach denen von allen damals untersuchten Verbindungen das Methyl-Hg-jodid den bei weitem günstigsten chemotherapeutischen Index, also hohe fungizide Wirkung bei gleichzeitiger Unschädlichkeit für das Saatgut in den für Beizzwecke in Frage kommenden Konzentrationen besitzt. Im Gegensatz zu diesen unseren älteren, auf Veranlassung von Professor Klages durchgeführten Untersuchungen gestatten die eigenen Untersuchungen von Klages (1927) keine exakte Festlegung des chemotherapeutischen Index, die offensichtlich auch nicht beabsichtigt war. Immerhin läßt sich aus den Befunden von Klages wenigstens für einen Teil

der von ihm untersuchten Verbindungen die Lage der dosis curativa, wenn auch nur stark annäherungsweise (zwischen 1/100 000 und 1/1 000 000 mol Hg) schätzen, während bei anderen Verbindungen allerdings auch dies nicht einmal möglich ist. Noch unvollständiger sind die Angaben des Verfassers über die Schädigungsgrenze von Weizenkörnern, also über die Lage der dosis toxica. Zunächst liegen hier überhaupt nur Versuche mit 3 von 17 Präparaten vor; bei diesen 3 von Klages auf Schädigungswirkungen an Weizenkörnern untersuchten Verbindungen handelt es sich ausnahmslos um Methyl-Hg-Verbindungen, und diese sind außerdem nur bei Konzentrationen geprüft (1/10 000—1/50 000 mol Hg), die weit über den fungizid wirksamen Lösungen (ca. 1/500 000 mol) liegen. Die Lage der dosis toxica läßt sich deshalb aus den Angaben des Verfassers nicht oder nicht genau feststellen, so daß seine Ausführungen uns auch nur unvollständig über die chemotherapeutische Brauchbarkeit der geprüften Substanzen unterrichten können.

Die folgenden Ausführungen sollen die älteren Angaben von Klages in dieser Hinsicht ergänzen, soweit sich diese auf die Methyl-Hg-Verbindungen erstrecken, mit denen allein der Verfasser Versuche über Keimschädigungen von Getreidekörnern, allerdings nur mit starker Überdosierung, vorgenommen hat. Eine Nachprüfung erscheint auch insoweit notwendig, als den Angaben von Klages dadurch ein gewisses Unsicherheitsmoment innewohnt, daß die angegebenen Konzentrationen entweder ganz oder doch teilweise falsch berechnet

Tabelle 1
Toxische und fungizide Wirkung verschiedener Methyl-Hg-Verbindungen
Beizverfahren: 1-stündige Tauchbeize mit nachträglichem Waschen

Konzentration mol . Hg	Methyl-Hg-chlorid		Methyl-Hg-bromid		Methyl-Hg-jodid	
	Weizen-Keimprozente [1]	Gerstenhartbrandsporen Keimung [2]	Weizen-Keimprozente [1]	Gerstenhartbrandsporen Keimung [2]	Weizen-Keimprozente [1]	Gerstenhartbrandsporen Keimung [2]
1 : 10 000 000	93,7	+++	92,3	+++	93,7	+++ bis ++++
1 : 2 000 000	91,7	+ bis ++	93,0	fast ++	93,7	+ bis ++
1 : 1 000 000	93,0	+	93,7	+ bis ++	91,7	+ bis ++
1 : 500 000	93,0	0+	91,7	0 bis +	93,7	0+
1 : 200 000	92,0	0	92,7	0	92,7	0
1 : 100 000	93,0	0	93,0	0	93,7	0
1 : 50 000	91,7	0	91,0	0	90,0	0
1 : 20 000	84,0	0	89,0	0	81,7	0
1 : 10 000	72,0	0	74,0	0	56,3	0
1 : 5 000	25,0	0	16,7	0	9,3	0
1 : 2 000	3,7	0	2,7	0	0,7	0
1 : 1 000	0	0	0	0	0	0
Kontrolle unbehandelt	92,7	++++	92,7	++++	92,7	++++

[1]) Nur normal gekeimte Körner, also Keimlinge ohne typische Polyploidieerscheinungen, als gekeimt gerechnet.

[2]) 0 = keine Keimung, ++++ = volle Keimung, + bis +++ = Zwischenwerte, 0 bis + = vereinzelte, 0+ = eine oder einige wenige Sporen gekeimt.

sind. Nach Klages „entsprechen 0,2 g Hg im Liter einer 1/10 000 Hg-molaren Lösung, 0,1 g Hg im Liter einer 1/20 000 Hg-molaren Lösung usw." Bei einem Molekulargewicht des Quecksilbers von 200,6 entsprechen natürlich 0,2 g Hg im Liter einer 1/1 000 Hg-molaren und 0,1 g Hg im Liter einer 1/2 000 Hg-molaren Lösung usw.

Die Versuche von Klages beschränken sich auf die Prüfung der Verbindungen in der Naßbeize, genauer gesagt, in der 1-stündigen Tauchbeize. Um einen unmittelbaren Vergleich mit den Feststellungen von Klages zu ermöglichen, ist im folgenden mit genau dem gleichen Material (Stocken-Weizen und Gerstenhartbrandsporen) sowie mit genau der gleichen Versuchsmethodik gearbeitet: 1-stündige Tauchbeize mit nachfolgendem Auswaschen von Körnern und Sporen, Keimprüfung der Körner auf Filtrierpapier in Petrischalen, Keimprüfung der Sporen auf 0,2 % Zuckerlösung. Die Versuchergebnisse sind in der folgenden Tabelle 1 enthalten und in den Abbildungen 1 und 2 graphisch mit den älteren Befunden von Klages in Vergleich gesetzt.

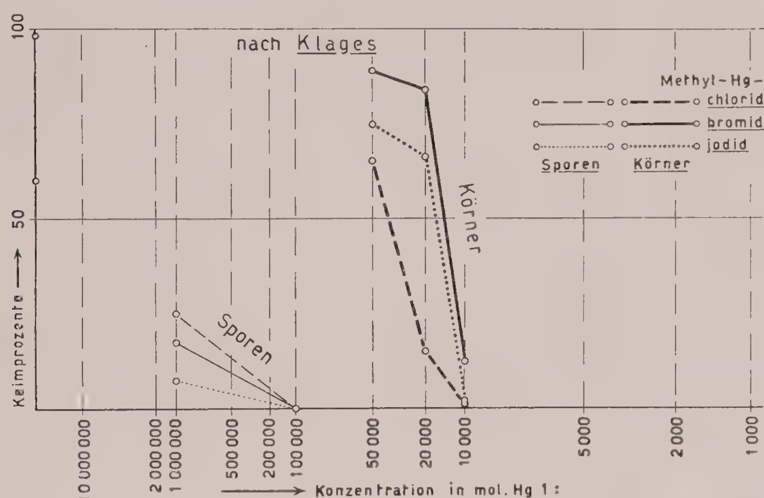


Abb. 1

Giftwirkung von Methyl-Hg-Verbindungen auf Gerstenhartbrandsporen und Weizenkörner in der Tauchbeize (nach Klages, 1927)

In Abb. 1 sind die Befunde von Klages graphisch dargestellt. Trotz der starken Unvollständigkeit der Angaben des Autors läßt sich aber doch erkennen, daß die Methyl-Hg-Verbindungen in der Naßbeize einen günstigen chemotherapeutischen Index aufweisen müssen; denn der Verlauf der Keimkurve der Weizenkörner deutet darauf hin, daß die Konzentrationen, welche die Sporenkeimung verhindern, unter der Schädigungsgrenze für das gebeizte Saatgut liegen. Bei der Beurteilung der Kurvenbilder ist zu berücksichtigen, daß die Abscissenwerte in logarithmischer Skala aufgetragen sind, so daß die Unterschiede zwischen der dosis toxica und dosis curativa eher zu wenig als zu stark hervortreten. Selbst bei vorsichtigster Deutung der Befunde von Klages ergibt sich also eine grundsätzliche Übereinstimmung mit unseren älteren Befunden (Gaßner und Esdorn 1923, S. 379), wonach die Methyl-Hg-Verbindungen in der Naßbeize „mit der

guten sporenabtötenden Wirkung . . . einen sehr günstigen chemotherapeutischen Index“ verbinden.

Abb. 2 enthält die Ergebnisse der von uns mit den von Klages geprüften 3 Methyl-Hg-Verbindungen vorgenommenen Nachprüfung und gestattet im Verein mit den in Tabelle 1 enthaltenen Werten die genaue Feststellung des chemotherapeutischen Index. Danach liegt die dosis curativa für alle 3 untersuchten Methyl-Hg-Verbindungen übereinstimmend zwischen 1/500 000 und 1/200 000, also bei 1/350 000 mol Hg, die dosis toxica ebenfalls übereinstimmend zwischen 1/50 000 und 1/20 000, also bei 1/35 000 mol Hg. Hieraus

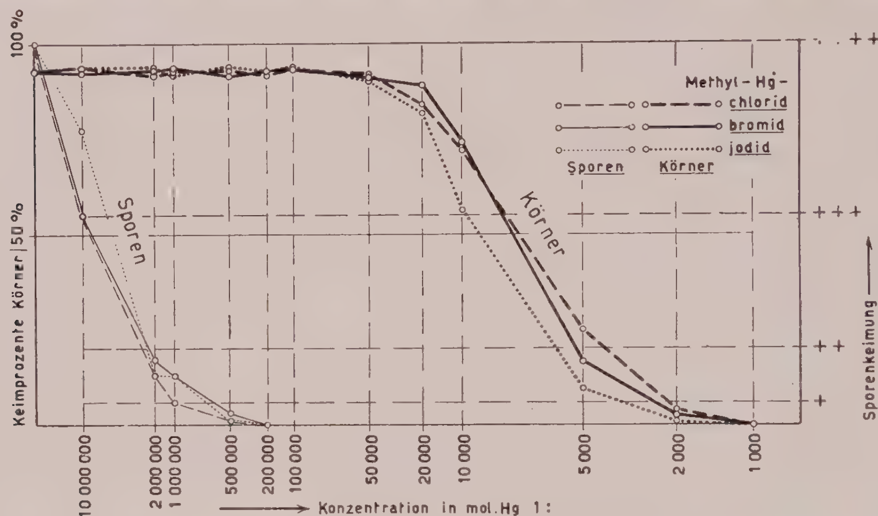


Abb. 2
Giftwirkung von Methyl-Hg-Verbindungen auf Gerstenhartbrandsporen und Weizenkörner in der Tauchbeize (eigene Versuche)

ergibt sich der sehr günstige chemotherapeutische Index von 0,1. Dieser Wert stimmt ausreichend genau mit dem von uns (Gaßner und Esdorn, 1923) früher für Methyl-Hg-jodid gefundenen Wert von 0,07 überein, wenn wir bedenken, daß die Versuchsmethodik gewisse Unterschiede aufweist, und daß in den soeben erwähnten älteren Untersuchungen die dosis curativa nicht an Gerstenhartbrand-, sondern an Steinbrandsporen bestimmt war.

Zwischen den verschiedenen Methyl-Hg-Verbindungen ließen sich keine gesetzmäßigen Unterschiede beobachten, mehrfache Wiederholungsversuche führten zu dem gleichen Ergebnis. Die Angabe von Klages, daß Quecksilbermethylbromid und -jodid wirksamer sind, als das -chlorid, und daß „die fungizide Wirkung von Chlor zum Jod zunimmt“, konnte nicht bestätigt werden und erklärt sich wohl durch die zu geringe Zahl der von Klages durchgeführten Versuche, insbesondere durch die für die exakte Feststellung der dosis curativa unzureichende Abstufung der Prüfungskonzentrationen.

Ein Vergleich von Abb. 1 (Klages) und 2 (eigene Versuche) ergibt ausreichende Übereinstimmung im Verlauf der Sporenkeimungskurve, also in der Lage der dosis curativa. Dagegen liegen in der Schädigungsgrenze für Weizenkörner gewisse Unterschiede vor, deren Erklärung wohl in dem schon erwähnten Fehler bei der Berechnung der Molarkonzentrationen gesucht werden muß.

Die in vorstehendem durchgeführte Nachprüfung der chemotherapeutischen Wirkung der Quecksilberalkyle, insbesondere der Methyl-Hg-Verbindungen hat zur Bestätigung unserer älteren Angaben geführt, daß diese Verbindungen bei Anwendung als Naßbeizmittel mit einer sehr guten fungiziden Wirkung eine auffallend hohe Unschädlichkeit für das gebeizte Saatgut vereinigen und einen überaus günstigen chemotherapeutischen Index (nur 0,1) aufweisen. Die Befunde von Klages stehen, wie wir gesehen hatten, zu dieser Feststellung in keiner Weise in Widerspruch. Aus der Beobachtung, daß vielfache Überdosierung Polyploidieerscheinungen auslöst, läßt sich nicht auf die Unbrauchbarkeit dieser Mittel als Naßbeizmittel schließen. Auch alle anderen Beizmittel lösen bei entsprechender Überdosierung charakteristische Schädigungserscheinungen aus. Die Beurteilung der Beizmittel liegt in jeder Hinsicht durchaus ähnlich wie die der mineralischen Düngemittel, von denen Boas (1942) unlängst treffend sagt: „Eine falsche Einstellung sah in den mineralischen Düngemitteln Gifte. Man vergißt dabei, daß es Gifte an sich nicht gibt. Denn jeder Stoff ist ein Wirkstoff. Dabei entscheidet die Menge (Konzentration), ob eine günstige oder schädliche (Giftwirkung) entsteht."

Schriftenverzeichnis

Boas, F. Aus der dynamischen Botanik. Umschau, 31, 1942, S. 461—463.

Gaßner, G. Biologische Grundlagen der Prüfung von Beizmitteln zur Steinbrandbekämpfung. Arb. Biolog. R. A., XI, 1923, S. 339—372.

Gaßner, G. und Esdorn, I. Beiträge zur Frage der chemotherapeutischen Bewertung von Quecksilberverbindungen als Beizmittel gegen Weizensteinbrand. Arb. Biolog. R. A., XI, 1923, S. 373—385.

Klages, A. Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle. Zeitschrift für Angew. Chemie, 40, 1927, S. 559—561.

Kostoff, D. Atypical growth, abnormal mitosis and polyploidy induced by ethyl-mercury-chloride. Phytopathologische Zeitschrift, XIII, 1941, S. 91—96.

Besprechungen

Mühle, Dr. Erich. Kartei für Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung. 1. Lief., Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1942, Preis RM 3,60.

Die in der 1. Lieferung vorliegende „Kartei für Pflanzenschutz und Schädlingsbekämpfung" ist in erster Linie für den landwirtschaftlichen Berater und praktischen Landwirt bestimmt und stellt ein übersichtliches Nachschlagewerk dar, das eine schnelle Orientierung über die Ursachen der an unseren Kulturpflanzen auftretenden Schäden und Schädlinge sowie über die möglichen Bekämpfungsmaßnahmen gestattet. Die gewählte karteimäßige Darstellung bietet verschiedene Vorteile: zunächst können etwa überholte Karteiblätter jederzeit durch neue, dem letzten Stand der Forschung angepaßte Blätter ersetzt werden. Weiter gestatten die Karteiblätter die handschriftliche Anbringung eigener Vermerke und Ergänzungen: auch lassen sich in die meist nur einseitig auf der Außenseite bedruckten gefalteten Blätter in ausreichendem Umfang Angabenzettel, Zeitschriftenausschnitte und ähnliches einlegen.

Die naturgemäß den Hauptteil der Kartei bildenden Krankheits- und Schädlingskarten unterrichten über Vorkommen, Schadbild und Schadumfang sowie Lebensweise und Bekämpfung der wichtigsten Krankheiten und

Schädlinge; gut ausgewählte Abbildungen und schematische Darstellungen des Entwicklungsganges der Schädlinge sind beigefügt, auch ist das wichtigste neuere Schrifttum angeführt.

Der Gebrauch der Kartei wird durch besondere Bestimmungstabellen, durch Übersichtskarten, in denen nah verwandte Schädlinge gegenübergestellt oder allgemeine Fragen des Pflanzenschutzes besprochen sind, sowie durch Hinweiskarten, die das Auffinden der Schädlingskarten bei verschiedener Bezeichnung von Krankheiten und Schädlingen ermöglichen sollen, erleichtert.

Die vorliegende erste Lieferung enthält nur Gramineen, wobei die Futtergräser besonders stark berücksichtigt sind. Ob es möglich sein wird, die im Vorwort erwähnte Absicht „für jede Kulturpflanze eine Tabelle zur Bestimmung ihrer Schädlinge und Krankheiten“ zu bringen, zu verwirklichen, ohne den in Aussicht genommenen Umfang des Gesamtwerkes zu überschreiten, muß die Zukunft lehren; anscheinend will sich der Verfasser auf die rein landwirtschaftlichen Kulturpflanzen beschränken, was dann aber vielleicht zweckmäßig in der Bezeichnung der Kartei zum Ausdruck gekommen wäre.

Von vielen landwirtschaftlichen Stellen, insbesondere auch von den nachgeordneten Stellen der Pflanzenschutzorganisation wird das Erscheinen der „Kartei“ sicherlich mit Dank begrüßt werden.

Herbst, W. Verhütung und Heilung von Frostschäden und Verbißwunden bei Obstgehölzen. Kurzrezepte für den Gartenbau, Herausgeber Prof. Rudloff-Geisenheim. Heft 2, Verlag Bechtold-Wiesbaden und Ulmer-Stuttgart, 16 Seiten, Preis RM 0,45.

Die kleine dankenswerte Schrift bietet mehr als der Titel besagt; denn sie gibt zunächst eine kurze, aber recht gute Darstellung der Temperaturabhängigkeit des Lebens sowie des Gefrierens und Erfrierens der Pflanzen. Hiervon ausgehend werden die Frostwirkungen auf die Obstpflanzen besprochen, wobei Schäden durch Frühfröste, Winterfröste und Spätfröste getrennt behandelt werden. Der Verfasser bemüht sich hierbei mit großem Geschick, dem Leser das ursächliche Zustandekommen der Frostschädigung unter den verschiedensten Bedingungen verständlich zu machen und baut hierauf seine „Maßnahmen zur Verhütung von Frostschäden im Obstbau“ auf. Der vorletzte Abschnitt behandelt die Heilung von Frostschäden, wobei zwischen Frostspalten und Frostrissen, Frostplatten, Sekundärschäden durch Borkenkäfer und allgemeinen Maßnahmen unterschieden wird. Ein kurzes Schlußkapitel behandelt die Verbißwunden und ihre Heilung.

Die kleine Schrift kann allen Obstbauern vor allem deshalb auf das wärmste empfohlen werden, weil der Verfasser sich nicht auf die bloße Angabe von Verhütungs- und Heilungsmaßnahmen beschränkt, sondern gleichzeitig und in erster Linie bei dem Leser inneres Verständnis für die Probleme der Frostschädigungen zu erwecken sucht.

Gaßner.

Ciferri, Raffaele. Manuale di Patologia vegetale. Genua, Rom, Neapel 1941. 730 Seiten mit 256 Textabbildungen.

Das vorliegende Handbuch der Phytopathologie ist von einem kurzen empfehlenden Vorwort des bekannten italienischen Phytopathologen L. Petri be-

gleitet. Der Gesamtstoff des als Lehrbuch gedachten Werkes ist in 7 Hauptabschnitte sehr ungleichen Umfanges gegliedert.

Teil I (Allgemeines) bringt in buntem Wechsel 16 Unterkapitel recht heterogenen Inhalts, von denen ein Teil wohl besser am Schluß des Werkes Platz gefunden hätte. Es gilt dies insbesondere für den Abschnitt „Prädisposition, Empfänglichkeit, Resistenz und Immunität" sowie für die Darlegungen der „Pflanzenschutzmittel und Bekämpfungsmethoden", was in späteren Kapiteln vielfach Wiederholungen und Ergänzungen erforderlich macht. Aber auch andere Unterkapitel setzen zum wirklichen Verständnis die Kenntnis von Einzelheiten voraus, die erst später gebracht werden. Unglücklich ist auch die Einordnung der Italienischen Pflanzenschutzorganisation zwischen die Abschnitte „Physiologische Pathologie des Parasitismus", „Verbreitung der Krankheitserreger", die vorausgehen, und den „natürlichen Feinden der Parasiten" und den „Pflanzenschutzmitteln", die anschließen. Die „Klassifikation der Krankheiten" befindet sich im Anfang, die „Symptome der Pflanzenkrankheiten" merkwürdigerweise am Ende des ersten Hauptabschnittes.

Teil II (Nichtparasitäre Krankheiten) behandelt Licht-, Temperatur- und Feuchtigkeitswirkungen, den Einfluß anormaler Luft- und Bodenverhältnisse, Störungen durch giftige Stoffe und Gase, durch Elektrizität, durch mechanische Einwirkungen und durch Pflanzenschutzmittel. Das letzte Unterkapitel bringt den Einfluß innerer oder Konstitutionsfaktoren sowie physiologischer und unbekannter Faktoren, und enthält eine einfache Aufzählung recht verschiedenartiger, innerlich nicht zusammenhängender Erscheinungen.

Teil III (Viruskrankheiten) soll in 12 Unterkapiteln mit den Ergebnissen der Virusforschung, insbesondere der italienischen Arbeiten auf diesem Gebiete bekanntmachen; die Darstellung läßt die in anderen Ländern mit neuen Methoden durchgeführten Untersuchungen der letzten Jahre unberücksichtigt und kann deshalb nicht befriedigen. Als Anhang zum Teil III wird ein Kapitel gebracht, das sich mit dem Vorkommen von Protozoen in den Pflanzen befaßt und zum mindesten an dieser Stelle wohl besser fortgeblieben wäre.

Teil IV (Krankheiten durch kryptogame Parasiten) trägt eine falsche Überschrift, da dieser Teil nur die Krankheiten durch Schizomyceten oder Bakterien umfaßt, die in 9 Unterkapiteln besprochen werden. Die Anordnung ist nach Nährpflanzen erfolgt.

Teil V (Krankheiten durch Myxothallophyten) ist naturgemäß besonders kurz, da fast ausschließlich *Plasmodiophora brassicae* behandelt wird.

Teil VI (Krankheiten durch Eumyceten) umfaßt die parasitären Phycomyceten, Ascomyceten, Basidiomyceten, Deuteromyceten oder Fungi imperfecti und die sterilen Mycelien. Dieser Abschnitt ist mit fast 300 Seiten der bei weitem umfangreichste des ganzen Buches. Eine schärfere Unterteilung wäre didaktisch vorteilhaft gewesen. Die Zahl der gebrachten Beispiele ist verhältnismäßig gering; wichtige Krankheiten, wie z. B. *Cercospora beticola*, die im italienischen Zuckerrübenbau eine verhängnisvolle Rolle spielt, fehlen merkwürdigerweise.

Angaben über Fortpflanzung und Merkmale der besprochenen Krankheitserreger werden wohl gebracht, jedoch in so kurzer und unzureichender Weise, daß eine allgemeine Orientierung über die einzelnen Arten oder auch nur Familien kaum möglich scheint. Wenn auch mehrfach eine zusammenfassende Darstellung bestimmter Pilzgruppen (Erysibaceae, Rostpilze, Brandpilze) gegeben

wird, so fehlen doch andererseits alle Angaben über mikroskopische Merkmale, insbesondere über Größe von Sporen und Fruchtkörpern, so daß das Buch für Bestimmungszwecke oder auch nur zur mikroskopischen Kontrolle einer auf Grund der mitgeteilten äußeren Krankheitsbilder gestellten Diagnose unbrauchbar ist.

Dem Teil VI sind 4 Appendices angehängt, von denen der erste allgemeine Ausführungen über morphologische und biologische Merkmale der Pilze bringt und die beiden nächsten die Sexualität und Variabilität der Pilze behandeln. Im letzten Appendix werden außerhalb jeden Zusammenhanges mit dem sonstigen Inhalt des Teiles VI und in recht unvollständiger Weise schädliche Algen besprochen.

Teil VII (Parasitäre Phanerogamen) enthält neben einer allgemeinen Einführung eine Beschreibung von *Viscum, Orobanche* und *Cuscuta* und gibt in einem Anhang einige, im übrigen wenig befriedigende Ausführungen über Unkräuter und Unkrautbekämpfung.

Auf gewisse Eigentümlichkeiten und Mängel des vorliegenden Handbuches ist schon in der vorstehenden Inhaltsangabe hingewiesen. Es ist in der Tat nicht leicht, sich mit der Anordnung und Auswahl des Stoffes sowie vor allem mit der Art der Darstellung einverstanden zu erklären. Der Wert des vorliegenden Handbuches wird nicht dadurch erhöht, daß z. B. sämtliche wissenschaftliche Namen ohne Autorenbezeichnung gebracht werden. Noch bedenklicher ist das erfolgreiche Bestreben des Verfassers, möglichst nur Arbeiten italienischer Forscher zu berücksichtigen, um den Anteil der italienischen Forschung an der Entwicklung der Pflanzenpathologie in das rechte Licht zu setzen („mettere in piena luce", S. XXII). Einen äußeren Ausdruck findet dieses Bestreben darin, daß nur die italienischen Autoren in dem am Schluß gegebenen Autorenverzeichnis Aufnahme gefunden haben, während die wenigen zitierten ausländischen Autoren ganz unter den Tisch fallen. Nun werden vom Verfasser ausländische Autoren nach Möglichkeit überhaupt nicht gebracht; vielleicht erklärt sich auch der soeben erwähnte Fortfall aller Autorenbezeichnungen bei den wissenschaftlichen Namen aus dem gleichen Prinzip heraus. Besonders schlecht kommen die deutschen Autoren davon, die auch auf Gebieten, die von der deutschen Wissenschaft erschlossen sind, kaum Erwähnung finden. Es geht dies auch aus der getroffenen Auswahl der Abbildungen hervor, die bis auf 5 (!) vom Verfasser stammende ausnahmlos anderen Veröffentlichungen entnommen sind. Von den verbleibenden 251 Abbildungen sind 158 den Arbeiten italienischer Forscher, 88 amerikanischen und 3 französischen Arbeiten entlehnt. Aus der vergleichenden Morphologie der Pilze von Gäumann stammt Abb. 198, die aber nicht diesem Werke selbst, sondern der Reproduktion in einer amerikanischen Veröffentlichung entnommen ist. Von deutschen Autoren stammt nur die eine Abbildung 230; sie ist im übrigen ebenfalls nicht der Originalarbeit von Kniep, sondern einer Veröffentlichung von Petri entlehnt.

Es ist durchaus verständlich, daß in einem italienischen Handbuch die Arbeiten italienischer Autoren bevorzugt berücksichtigt werden; dies darf jedoch nun nicht so weit gehen, daß die grundlegenden Arbeiten ausländischer Autoren totgeschwiegen werden und durch die Art der Darstellung überdies der Eindruck erweckt wird, daß die Fortschritte auf vielen phytopathologischen Gebieten überwiegend oder sogar ganz italienischen Autoren zu verdanken sind. So ist die

Beseitigung der *Cuscuta*-Samen auf elektromagnetischem Wege bestimmt keine italienische Erfindung. Das Verfahren wird ohne Angabe der Herkunft richtig und in Einzelheiten geschildert und dazu fortgefahren (S. 676): „Il metodo di decuscutazione elettromagnetica fu studiato sin dal 1932 da Bonaventura; la Bongini (1931) aveva accertato che il trattamento elettromagnetico non nuoce alla germinabilità delle sementi. Oggi si applica, in Italia, su vasta scala". — Bei der Besprechung des Ulmensterbens *(Graphium ulmi,* S. 605—611) werden die grundlegenden holländischen Untersuchungen überhaupt nicht erwähnt und als Literaturangaben nur Nachprüfungen italienischer Autoren gebracht. Daß die anschließenden Ausführungen über das „Mal secco" der Citronen (S. 612—616) die vor zwei Jahren in dieser Zeitschrift erschienenen umfangreichen Untersuchungen des Referenten zur Frage des *Citrus*sterbens überhaupt nicht berücksichtigen, kann bei der offensichtlich grundsätzlichen Ablehnung nichtitalienischer europäischer Literatur kaum noch überraschen. Und um ein letztes Beispiel zu erwähnen: die ausführliche Besprechung der Brandpilze (S. 548—567) enthält nicht eine einzige deutsche Literaturangabe.

Als Folge der für ein Lehr- und Handbuch unzureichenden Berücksichtigung der ausländischen, insbesondere der deutschen Literatur finden wir in dem Werk von Ciferri nicht nur vielfach Lücken, sondern auch Unrichtigkeiten. Vor allem entspricht die gegebene Darstellung durchaus nicht immer dem heutigen Stand unserer Kenntnisse, wobei als Beispiel nur auf die den Brandpilzen gewidmeten Kapitel hingewiesen zu werden braucht. Es ist eben nicht möglich, ein Handbuch der Phytopathologie zu schaffen, ohne die Arbeiten der Forscher anderer Länder voll zu berücksichtigen, und es ist ein verkehrtes und im Hinblick auf die allgemein anerkannten Leistungen der italienischen Phytopathologen außerdem völlig überflüssiges Bestreben, die wissenschaftlichen Leistungen des eigenen Landes dadurch zu heben, daß die Leistungen der Forscher anderer Länder nicht die ihnen zukommende objektive Würdigung erfahren. Ob es ein Verdienst des Verfassers ist, dies einmal unter Beweis gestellt zu haben, muß zweifelhaft erscheinen, eines aber können wir mit Sicherheit sagen, daß ein Werk, das ohne die selbstverständliche Berücksichtigung der wissenschaftlichen Weltliteratur geschaffen ist, in der wissenschaftlichen Welt keinen dauernden Platz einnehmen kann. Gaßner.

Kotte, Walter. Krankheiten und Schädlinge im Obstbau und ihre Bekämpfung. Verlag Paul Parey, Berlin, 1941, 296 Seiten, mit 193 Textabbildungen und 8 farbigen Tafeln, Preis geb. RM 16.—.

Das Buch ist in 5 Hauptabschnitte gegliedert. Die Ausführungen über die wirtschaftliche Bedeutung des Pflanzenschutzes im Obstbau (Abschnitt A) sind klar, aber mit Recht kurz gehalten, um Platz für die sachlichen Darlegungen der eigentlichen Hauptabschnitte zu gewinnen. Auch der einleitende Abschnitt über die Ursachen der Schäden an unseren Obstpflanzen (Abschnitt B) beschränkt sich auf das unbedingt notwendige Maß. Behandelt werden: 1. Pflanzliche Schädlinge, 2. Tierische Schädlinge, 3. Vira als Krankheitsursache, 4. Schäden durch unbelebte Umweltseinflüsse. Von diesen Unterabschnitten ist nur der letzte (4) ausführlicher gehalten, während die Besprechung der einzelnen pflanzlichen und tierischen Schädlinge im Hinblick auf die Darlegungen des Hauptabschnittes C kurz gefaßt werden konnten. Von unbelebten Umweltseinflüssen

sind Klima, Boden und Einwirkungen schädlicher Chemikalien, insbesondere auch Spritzschäden näher behandelt.

Abschnitt C: „Die Krankheiten und Schädlinge der Obstarten“ stellt mit rund 200 Seiten den eigentlichen Kern des Buches dar. Um Wiederholungen zu vermeiden, hat der Verfasser diejenigen tierischen und pflanzlichen Schädlinge, die an mehreren Obstarten vorkommen, vorweggenommen. Hieran schließen sich die Pilzkrankheiten und Schädlinge der einzelnen Obstarten, also Kernobst, Schalenobst, Weinrebe und Beerenobst.

Der ebenfalls umfangreiche Abschnitt D behandelt die Schädlingsbekämpfung, wobei der Reihe nach die Pflanzenschutzmittel, Spritzgeräte, die praktische Durchführung der obstbaulichen Schädlingsbekämpfung, die Baumspritzung, die biologische Schädlingsbekämpfung und der Vogelschutz behandelt sind.

Abschnitt E enthält einen sehr übersichtlichen Bestimmungsschlüssel, der alle wichtigen Krankheiten und Schädlinge umfaßt.

Das vorliegende Buch von Kotte ist in jeder Weise vorzüglich gelungen. Der Verfasser verfügt nicht nur über ausgezeichnete, auch praktische Sachkenntnisse, sondern er hat vor allem auch die Gabe, diese Kenntnisse in klarer und allgemein verständlicher Form dem Leser zu vermitteln. Die übersichtliche Anordnung des Stoffes geht aus der vorstehend mitgeteilten Inhaltsübersicht zur Genüge hervor; was für die Gesamtanordnung gilt, läßt sich in gleicher Weise für die Gruppierung des Einzelstoffes und die Einzeldarstellung sagen. Unterstützt werden die Ausführungen durch ausgezeichnete Textabbildungen, die mit besonderer Sorgfalt hergestellt und mit großem Geschick ausgewählt sind. Als Beispiel vorbildlich übersichtlicher Darstellung sei hier die Abbildung 72 erwähnt, die den Entwicklungskreis des Apfelschorfpilzes in einer Weise darstellt, daß Textausführungen kaum nötig scheinen. Weiter illustrieren die Abbildungen 186—193 die Durchführung der richtigen Baumspritzungen so nachdrücklich und klar, daß irgendwelche Zweifel oder Unklarheiten bei der Wahl des richtigen Spritztermines ausgeschaltet erscheinen müssen. Einen weiteren Vorzug des Kotte'schen Buches stellen die beigegebenen Farbentafeln dar; wir müssen dem Verlag dankbar sein, daß er die meisterhaften Abbildungen des Kunstmalers Dressel aus den Appel'schen Taschenatlanten nicht nur zur Verfügung stellte, sondern auch die Kosten nicht scheute, sie durch vergrößerte Darstellung dem Format des Kotte'schen Buches anzupassen.

Auch die sonstige Ausstattung des Werkes ist vorzüglich; der Preis muß im Hinblick hierauf und insbesondere auf das reichliche und hochwertige Bildmaterial als angemessen bezeichnet werden und dürfte im Hinblick auf die Werte, deren Erhaltung das Werk von Kotte dienen will, wohl nirgends als hoch empfunden werden.

Gaßner.

Linke, Willi. Der Hopfenbau. Eine Anleitung für Praxis und Unterricht über Anbau, Pflege, Schädlingsbekämpfung und Ernte. Verlag Paul Parey, Berlin, 1942, 239 S. mit 43 Textabb. Leicht kart., Preis 6,40 RM.

Die Hopfenkultur ist eine Spezialkultur von lokaler wirtschaftlicher Bedeutung. Der Verf. hat das Verdienst, in dem vorliegenden Buche alles Wissenswerte über den Hopfenbau zusammengetragen und in übersichtlicher Weise dargestellt zu haben. Die ersten Abschnitte enthalten die Geschichte des Hopfenbaues, die Botanik und den Wachstumsverlauf des Hopfens, seine chemische

und handelsmäßige Beurteilung, die Sorten und ihre Entstehung sowie Klima- und Bodenansprüche. Abschnitt VII behandelt die Neuanlage von Hopfengärten, Abschnitt VIII die Aufleitung des Hopfens, Abschnitt IX die Bodenbearbeitung, Abschnitt X das Schneiden, Abschnitt XI die Düngung, Abschnitt XII die Pflege des Hopfens während der Wachstumszeit einschließlich der gerade bei Hopfen besonders wichtigen Schädlingsbekämpfung, Abschnitt XIII Ernte, Trocknung und Nachbehandlung des Hopfens, Abschnitt XIV Arbeitsleistungen und Gestehungskosten, und der letzte Abschnitt XV den Hopfen als Handelsware. Alle Abschnitte sind durch eine gleichmäßige Gründlichkeit der Bearbeitung ausgezeichnet, so daß ein Werk zustande gekommen ist, das vielfach mehr ein Handbuch als eine bloße Anleitung ist, wie der Verf. in bescheidener Weise sein Buch nennt.

Von besonderem Interesse ist die im Abschnitt XII enthaltene Schädlingsbekämpfung. Schon der Umfang dieses Teiles (52 Seiten bei einem Gesamtumfang des Buches von 239 Seiten) zeigt die außerordentliche Bedeutung, die heute mit Recht der Schädlingsbekämpfung im Hopfenbau zukommt. Es gibt wohl auch wenige Kulturpflanzen, deren Ertrag in so starkem Maße von dem Auftreten von Krankheiten und Schädlingen bestimmt wird, wie gerade der Hopfen, wo die Hektarerträge vor der Einführung einer systematischen Schädlingsbekämpfung in kaum zu glaubender Weise schwankten; so betrugen die Hektarerträge 1903: 2,83, 1905 aber 16,10 Zentner.

Nach einem übersichtlichen Bestimmungsschlüssel bespricht der Verf. die einzelnen Krankheiten und Schädlinge, wobei er in geschickter Weise zwischen „sehr gefährlichen", „weniger gefährlichen" bzw. „nicht so häufig auftretenden" und „selten auftretenden oder harmlosen" Krankheiten und Schädlingen unterscheidet. Unter den erstgenannten wird an erster Stelle die Peronosporakrankheit gebracht und entsprechend ihrer Bedeutung ausführlich und in sehr anschaulicher Weise beschrieben. Hier möchte sich Referent, ohne damit an der sonst guten Darstellung Kritik üben zu wollen, den Hinweis erlauben, daß die Kälteresistenz der Wintersporen nicht auf deren Dickwandigkeit beruht; auch kann man wohl (S. 169) nicht recht sagen, daß direkter Schaden durch Blattbefall nicht erfolgen kann.

Besonders wertvoll sind, sowohl im Abschnitt über Schädlingsbekämpfung, wie aber auch in den anderen Teilen des Buches die praktischen Ratschläge; aus ihnen spricht langjährige Beschäftigung mit allen Fragen des Hopfenbaues bei gleichzeitiger engster Fühlung mit der Praxis. Nur so konnte ein Buch entstehen, das, wie der Verf. im Vorwort sagt, „wohl allen neuen Forschungsergebnissen Rechnung trägt, sich dabei aber dennoch in erster Linie auf die Praxis stützt". So sind alle Voraussetzungen dafür da, daß das Buch auch seinen Weg in die Praxis gehen wird. Gaßner.

Loewel, E. L. Die Obstbaumspritzung. Heft 4 der Grundlagen und Fortschritte im Garten- und Weinbau. Herausgeber: Professor Rudloff, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 1942, 4. Aufl., 62 S. mit 35 Textabb. Preis 1,50 RM.

Das gut geschriebene und reichlich bebilderte Büchlein stammt aus der Praxis und soll der Praxis dienen. Wenn also auch wohl die wissenschaftlichen Grundlagen der Obstbaumspritzung nicht behandelt oder dargelegt werden, so

sind doch die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung der letzten Jahre in vollem Umfang berücksichtigt, so daß die Darlegungen einen einwandfreien Überblick über den jetzigen Stand der Obstbaumspritzung, ihrer Methoden und der für die Spritzung in Frage kommenden Mittel geben.

Das Büchlein erscheint in 4. Auflage; gegenüber der letzten, vor 2 Jahren erschienenen Auflage liegen wichtige Änderungen vor, die sich in erster Linie auf die Einführung neuer Pflanzenschutzmittel, insbesondere der Dinitroorthokresolpräparate beziehen.

Als Leitfaden für die Durchführung der wirtschaftlich so wichtigen Obstbaumspritzung kann das Büchlein in jeder Weise empfohlen werden.

Gaßner.

Zippelius, Hans. Die Bodenlockerung im Obstbau durch das Sprengverfahren. Ebenda, Heft 63, 1941, 53 S. mit 51 Textabb.

Das vorliegende Büchlein ist für die Praxis bestimmt; es wird hier sicher gute Dienste leisten und das Verfahren der Bodensprengung weiter verbreiten helfen.

Während Abschnitt II und III das Sprengverfahren selbst behandeln, gibt der Verfasser im I. Abschnitt eine auch weitere Kreise, insbesondere den Bodenkundler und Phytopathologen interessierende Übersicht über die Ursachen geringer Entwicklung und vorzeitigen Rückgehens der Erträge bei den Obstgehölzen und Mittel zu deren Behebung. Eine größere Anzahl vergleichender Photographien zeigen eindeutig die Bedeutung der Bodenlockerung für Wachstum und Entwicklung der Obstbäume.

Gaßner.

Panaschierung und Weißährigkeit von Getreidepflanzen und Wildgräsern als Folge klimatischer Einwirkungen

Von

Gustav Gaßner

Mit 27 Abbildungen

I. Das Schadbild

Im späten Frühjahr und im Frühsommer des Jahres 1939 zeigten vor allem Getreidepflanzen, aber auch die verschiedensten Wildgräser in ganz Inneranatolien neben mehr oder minder auffallenden Panaschierungserscheinungen starke Weißährigkeit der Ähren und in offensichtlichem Zusammenhang damit eigenartige Grannenverkrümmungen, die uns bereits früher in anderen Teilen Anatoliens begegnet waren, ohne daß es damals gelang, die Ursache dieser ebenfalls in größerem Umfang aufgetretenen Erscheinung aufzuklären.

Die Panaschierung von Getreidepflanzen wurde Anfang Mai 1939 zum ersten Male und in bedeutendem Umfang an verschiedenen Sorten und Zuchtstämmen eines Wintergerstensortiments im Zuchtgarten des Ackerbauinstitutes der Landwirtschaftlichen Hochschule Ankara beobachtet (Abb. 1—3). Während die unteren, also älteren Blätter grün geblieben waren, zeigten die Spreiten der höher inserierten Blätter vor allem in ihrem basalen Teil völlig chlorophyllose, nach der Spitze zu meist allmählich verlaufende, rein weiße Streifen; auch fast ganz weiße Blätter wurden angetroffen. Die Gerstenpflanzen selbst befanden sich zur Zeit der Beobachtung kurz vor dem Schossen bzw. im Schossen und kurz vor dem Ährenschieben. Die später zutage tretenden Ähren waren in den oberen, sonst ebenfalls normal ausgebildeten Teilen meist chlorophyllos: die weiß gebliebenen Grannen zeigten mehr oder minder starke Verkrümmungen.



Abb. 1

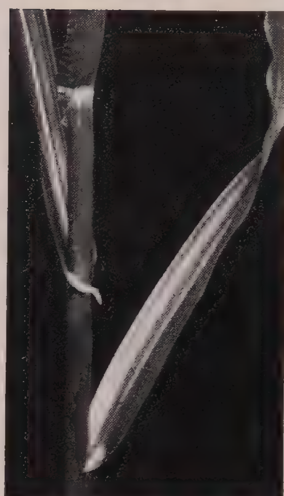


Abb. 2



Abb. 3

Abb. 1 und 2. Wintergerstenpflanzen mit panaschierten Blättern, Ankara, Mitte Mai 1939.
Abb. 3. Panaschierte Wintergerstenblätter, Ankara, Mitte Mai 1939.



Abb. 4
Panaschierte Weizenpflanzen (*vulgare* Weizen 89/28), Ankara, 17. Mai 1939

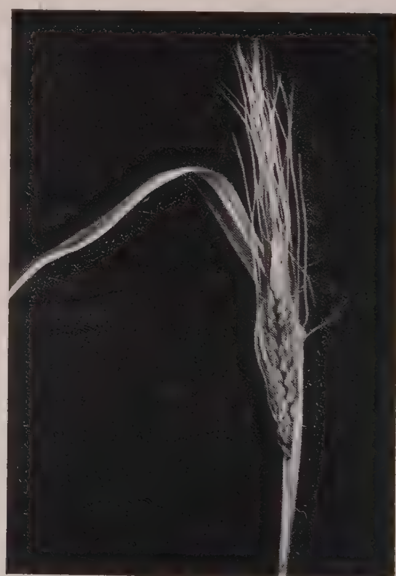


Abb. 5
Weizenähre mit weißährigem oberen Teil und weißen, verkrümmten Grannen. Das oberste Blatt ist in einer Hälfte panaschiert. Ankara, Anfang Juni 1939

Ähnliche Bilder wurden gleichzeitig und in den folgenden Wochen in größtem Umfang an den Weizenpflanzen Inneranatoliens beobachtet. Die Panaschierung unterschied sich insoweit von derjenigen der Gerste, als die Blattstreifen nicht wie bei der Gerste rein weiß, sondern ganz leicht gelblich getönt waren. Abb. 4 zeigt zwei junge Weizenpflanzen des *vulgare*-Weizens 89/28 auf dem Versuchsfeld des Zentralinstitutes für Pflanzenschutz in Ankara am 17. Mai 1939; besonders stark panaschiert sind hier oft die Randteile der Blätter; jedoch läßt sich eine strenge



Abb. 6
Weizenpflanzen mit starker Weißfärbung der oberen Teile und ausgesprochener Panaschierung der oberen Blätter.
Ankara, 17. Mai 1939.



Abb. 7
Weißährigkeit der oberen Ährenhälfte.
Unbegrannter *vulgare*-Landweizen aus Maliköy,
26. Mai 1939.

Gesetzmäßigkeit nicht feststellen. In Abb. 5 ist die eine Längshälfte des obersten Blattes weißlich, die andere fast vollgrün. Soweit es in den Ähren nicht zur ausgesprochenen Weißährigkeit kommt, zeigen sich die Hüllspelzen ebenfalls panaschiert (Abb. 5, untere Ährenhälfte). Im übrigen sind stets und in erster Linie die oberen Blätter der Weizenpflanzen betroffen (Abb. 6), während die unteren normal grün sind.

Weizenpflanzen mit panaschierten Blättern entwickeln mit wenigen Ausnahmen Ähren, die entweder völlig oder im oberen Teil nicht grün, sondern weiß sind (Abb. 5). Diese Weißfärbung erstreckt sich vor allem auch auf die Grannen; selbst die aus den unteren grünen Ähren stammenden Grannen sind oft noch weiß. Weißährigkeit findet sich weiter auch sehr häufig an Weizenpflanzen, deren obere Blätter keine oder nur unbedeutende

Panaschierung zeigen; jedoch ist in diesem Fall, abgesehen von Steinbrandähren, auf deren Bild später noch einzugehen ist, stets nur der obere Teil der Ähre durch Weißährigkeit in Mitleidenschaft gezogen. In Abb. 7 sind partiell weiße Ähren eines Landweizens aus Maliköy (zwischen Ankara und Polatli) zur Darstellung gekommen; die Panaschierung der Blätter macht sich hier nur noch in Form weißer Blattränder bemerkbar.

Bei Grannenweizen sind, wie schon erwähnt, nicht nur die Ährchen, sondern vor allem auch die Grannen weiß. Abb. 8 zeigt die Weißgrannig-



Abb. 8
Weißährigkeit der oberen Ährenhälfte und Verkrümmungen der weißlichen Grannen. *Vulgare*-Weizen 702. Ankara, Anfang Juni 1939.



Abb. 9
Störungen des Ährenschiebens und Zustandekommen der Grannenverkrümmungen. *Vulgare*-Weizen 702. Ankara, 1. Juni 1939.

keit des *vulgare*-Weizens 702 an zwei Ähren, die in der oberen Hälfte weißährig sind. Solche weißen Grannen besitzen offensichtlich nicht mehr die Widerstandsfähigkeit und Elastizität grüner Grannen, so daß sie beim Ährenschieben mehr oder minder deformiert werden und verkrümmen. Das Zustandekommen solcher Grannenverkrümmungen geht aus Abb. 9 hervor und beruht auf Störungen während des Ährenschiebens. Auch die frühere Abb. 5 zeigt eine anormale Anordnung und Form der weißen Grannen, die wir als Regel für alle weißährigen Grannenweizenähren ansprechen können.

Mehrfach wurde beobachtet, daß Weißgrannigkeit auch vorliegen kann, ohne daß die Weizenährchen selbst in auffälliger Weise durch Verfärbungen in Mitleidenschaft gezogen sind. In diesem Fall stellen die

Grannenverkrümmungen später das einzige, allerdings sehr auffallende Merkmal einer eingetretenen Schädigung dar. Wie bereits in der Einleitung dieses Abschnittes ausgeführt ist, sind uns solche Fälle mit merkwürdigen und damals unerklärlichen Grannenverkrümmungen bereits in früheren Jahren bekannt geworden; Abb. 10 und 11 enthalten drei Ähren eines Durum-Landweizens aus Burdur (südliches Anatolien). Solche Ähren waren uns im Sommer 1936 in großer Zahl aus den betroffenen Gebieten zugesandt. Die Krümmungen der Ähren bzw. der ansetzenden Halmstücke machen es sehr wahrscheinlich, daß die bizarren Grannenverkrümmungen in gleicher Weise durch Störungen während des Ährenschiebens entstanden sind, wie wir sie 1939 in allen Phasen als Folge der Weißgrannigkeit beobachten und verfolgen konnten.

Bei Vorliegen partieller Weißährigkeit werden die Unterschiede zwischen dem oberen weißen und dem unteren gesunden Ährenteil im Laufe der Entwicklung natürlich auffallender. In Abb. 12 ist die Ähre eines begrannten Landweizens zur Zeit der Gelbreife dargestellt;



Abb. 10



Abb. 11

Abb. 10 und 11. Starke Grannenverdrehungen an reifen Ähren eines *Durum*-Landweizens. Burdur, Sommer 1935

nur die Ährchen des unteren Teiles haben sich weiter entwickelt, während der obere Teil nach wie vor das gleiche Bild wie kurz nach dem Ährenschieben zeigt. Die weißen Ährchen der oberen Ährenhälfte sind ausnahmslos unfruchtbar und blühen auch nicht; im Bau zeigen sie, abgesehen von dem Chlorophyllmangel zunächst keine wesentlichen Unterschiede zu gesunden Blüten (Abb. 13). Hüllspelzen sowie Einzelblüten sind zu normaler Größe entwickelt; die Blüten enthalten auch Staubgefäße und Fruchtknoten, jedoch ist die Fähigkeit zum Blühen und damit die Möglichkeit einer Fruchtentwicklung verloren gegangen.

Außer an Getreidepflanzen wurde Weißährigkeit im Frühsommer 1939 auch auf einer Reihe von Wildgräsern beobachtet. Die Symptome des Schadbildes entsprechen in jeder Weise den bei Getreidepflanzen gemachten Beobachtungen: neben Panaschierung der Blätter vor allem Weißährigkeit, Weißgrannigkeit und Grannenverkrümmungen. Abb. 14 zeigt drei Ähren von *Aegilops* mit besonders auffallenden Grannenverfärbungen. In Abb. 15 sind zwei Ähren einer *Triticum*-Art, wahrscheinlich *T. boeoticum*. mit Weißährigkeit und Panaschierung der Hüllspelzen dargestellt. Abb. 16 zeigt drei Ähren von *Triticum aegilopoides*; auffallend ist hier neben der Weißfärbung der langen Grannen das isolierte Auftreten vereinzelter weißer Ährchen zwischen normal grünen Ährchen. Sehr merkwürdig sind weiter die Verfärbungen von *Hordeum murinum* (Abb. 17 und 18). Die betroffenen Grannen sind wieder weiß und spreizen vielfach zur Seite ab; neu und bei keinem anderen Gras beobachtet sind weiter blauschwarze Verfärbungen der Hüllspelzen der in Mitleidenschaft gezogenen oberen Ährchen. Diese Verfärbungen beschränken sich auf den basalen Teil der Hüllspelzen und finden sich nur bei denjenigen Ährchen, die im oberen Teil weiß sind und auch weiße Grannen tragen; ihr Zustandekommen muß also mit der Weißährigkeit in ursächlichem Zusammenhang stehen.

Das im Vorstehenden geschilderte Schadbild mußte wegen seiner Hauptsymptome als Weißährigkeit bezeichnet werden, obwohl diese Bezeichnung besser vermieden wäre; denn wir pflegen unter dem gleichen Wort schon genügend verschiedenartige Krankheitsbilder zusammenzufassen. Wenn zu diesen nunmehr noch ein neues kommt, das weder in seinen Merkmalen mit den bisher beschriebenen Bildern von Weißährigkeit übereinstimmt, noch sich auf eine der bisher als wirksam angesehenen Ursachen parasitologischer, ökologischer und physiologischer



Abb. 12
Weißährigkeit und Verkümmerung der oberen Ährenhälfte eines Landweizens. Elma Dag bei Ankara, 1700 m hoch. 1. Juli 1939.



Abb. 13
Weiß gebliebene und unfruchtbare Ährchen des *vulgare*-Weizens 89/28. Ankara, 3. Juni 1939

Art zurückführen läßt, so wird durch die Hinzunahme des neuen Schadbildes in die Gruppe der Weißährigkeitserscheinungen die schon herrschende Verwirrung natürlich noch größer. Da aber gerade die hier geschilderte Erscheinung in besonderem Maße den Namen Weißährigkeit verdient, blieb kein anderer Ausweg in der Wahl der Bezeichnung.

Im übrigen besteht bis heute keine scharfe Definition der Weißährigkeit. Nach Merkenschlager (10, S. 203) sind „für den vorzeitigen, daher krankhaften Chlorophyllverlust der Ähren Ausdrücke wie Flissigkeit, Weißseuche, Weißährigkeit, Weißrispigkeit im Gebrauche“: soweit es sich hierbei um den nachträglichen Chlorophyllverlust ursprünglich



Abb. 14
Weißährigkeit uud Weißgrannigkeit von *Aegilops*
Umgegend Ankara, Ende Mai 1939.



Abb. 15
Weißährigkeit und Spelzenpanaschierung einer *Triticum*-Art, wahrscheinlich *Triticum boeoticum* Boiss.
Elma Dag bei Ankara, 1. Juli 1939.

grüner Ähren „bei unvermittelt einsetzender Hitze“ handelt, liegt das Fehlen jeglicher Beziehungen zu dem für Anatolien oben beschriebenen Schadbild auf der Hand.

Nach späteren Ausführungen des gleichen Verfassers (Merkenschlager, 10, S. 302) bezeichnet man mit Weißährigkeit „unausgebildete Rispenbilder (Flissigkeit) oder verblaßte Ährchen (Weißährigkeit)“. Auch bei dieser Definition sind die in Anatolien beobachteten Schadbilder nicht mit berücksichtigt; es geht dies vor allem daraus hervor, daß in den von Merkenschlager erwähnten Fällen bei leichter Weißährigkeit „nur im unteren Teil der Rispen, in schwereren Fällen auch im mittleren und oberen Teil“ Verfärbungen auftreten, während in Anatolien genau das Umgekehrte zu beobachten war.

Die von Rademacher (12) gegebene Umschreibung der Weißährigkeit erfordert die Anerkennung des Wassermangels als auslösender Ursache und läßt sich sowohl im Hinblick hierauf wie aber vor allem auf die Verschiedenheit der Krankheitssymptome nicht auf die in Anatolien beobachtete Erscheinung übertragen. Das gleiche gilt für die Ausführungen von Hiltner (9, S. 434) und Pfeil (11, S. 109); beide Autoren berücksichtigen Krankheitsbilder, die nichts mit dem uns hier inltressierenden Fall von Weißährigkeit zu tun haben.



Abb. 16.
Weißgrannigkeit und Auftreten vereinzelter weißer Ährchen an *Triticum aegilopoides*. Umgegend Ankara, Ende Mai 1939

Zusammenfassend ist also zu sagen, daß das in dieser Arbeit behandelte Krankheitsbild mit den bisher bekannten, im übrigen heute immer noch recht unzureichend aufgeklärten Fällen von Weißährigkeit nur den Namen gemeinsam hat. Es soll damit nicht gesagt sein, daß sich nicht doch später einmal gewisse Beziehungen zu bereits bekannten Verfärbungserscheinungen ergeben; im gegenwärtigen Augenblick bleibt jedoch nichts übrig, als die anatolische Weißährigkeit als Erscheinung sui generis und losgelöst von den sonstigen Fällen von Weißährigkeit zu betrachten.

II. Verbreitung und wirtschaftliche Bedeutung der Weißährigkeit

Die Beobachtungen des Jahres 1939 erstrecken sich auf ein Gebiet, das Ankara und seine Umgebung in einem Umkreis von 60 bis etwa 100 km Radius mit Ankara als Zentrum umfaßt. Es ist anzunehmen, daß das von Weißährigkeit betroffene Gebiet Inneranatoliens noch weit ausgedehnter war.

Zumindest in dem vorstehend umschriebenen Gebiet um Ankara zeigte die überwiegende Mehrzahl der Winterweizenfelder die Erscheinung allgemeiner Weißährigkeit. In Abb. 19 ist eines dieser Weizenfelder dargestellt, bei dem — abgesehen von gewissen, noch zu besprechenden Standortsverhältnissen — alle Weizenpflanzen in typischer und starker Weise weißährig waren. Die Aufnahme stammt aus Samutlu, 57 km südwestlich von Ankara, also aus dem für den anatolischen Weizenbau besonders wichtigen Gebiet um Polatli. Genau das gleiche Bild wurde in den Feldern um Ankara, sowie nördlich, südlich und östlich von Ankara beobachtet. Unterschiede der Höhenlage spielten dabei keine Rolle; das Auf-

treten der Weißährigkeit war in Höhenlagen unter 800 m nicht minder auffällig wie z. B. in den höchstgelegenen Weizenfeldern des Elma Dag bei Ankara, wo der Weizenbau auf über 1 700 m Höhe hinaufgeht.

Es ist also ein sehr großes Gebiet, auf dem 1939 an Getreide Weißährigkeit aufgetreten ist. Nicht minder groß ist die Fläche, auf der sich die gleiche Erscheinung an Wildgräsern beobachten ließ. Steppengräser wurden ebenso weißährig wie die im Getreide als Unkraut vorkommenden Gräser, *Agropyrum orientale* (L.) R. et Sch. und andere, die im vorigen



Abb. 17
Links gesunde, rechts in dem oberen Ährenteil weißährige Ähre von *Hordeum murinum* mit Blauschwarzverfärbung der unteren Spelzenteile. Ankara, 8. Juni 1939.



Abb. 18
Hordeum murinum mit Weißährigkeit und Spelzenverfärbung der oberen Ährenhälfte. Ankara, 8. Juni 1939.

Abschnitt keine Erwähnung gefunden haben. Die weiter oben anhand einiger Aufnahmen erwähnten Fälle stellen also nur Beispiele dar und besagen nichts über die wesentlich größere Zahl der von Weißährigkeit betroffenen Gramineenarten.

Weißährigkeit bedeutet auch ohne gleichzeitige, die Assimilationsleistung der Pflanze herabsetzende Panaschierung eine Minderung des Ernteertrages, weil alle weißbleibenden Ährchen, also ein bedeutender Teil der in der Ähre angelegten Ährchen unfruchtbar bleibt. Die Abb. 12 mag eine Vorstellung von dem Ernteausfall geben, der in diesem Beispiel auf mindestens 50 % geschätzt werden darf, weil nur die kleinere Hälfte der Ährenspindel zur Körnererzeugung kommt. Es kann deshalb keinem Zweifel unterliegen, daß die Ernteerträge des Sommers 1939 in weiten Teilen Inneranatoliens durch Weißährigkeit eine wesentliche Einbuße erlitten haben. Dies gilt auch unter der Voraussetzung, daß nicht

alle Weizensorten gleich stark betroffen, und daß alle Sommerweizen frei von Weißährigkeit geblieben sind. Denn gerade die nach den Erfahrungen des Jahres 1939 besonders stark in Mitleidenschaft gezogenen *vulgare*-Winterweizen sind in Inneranatolien am stärksten verbreitet, während gleichzeitig dem Sommerweizenanbau wirtschaftlich nur eine untergeordnete Bedeutung zukommt.

III. Einfluß von Standorts- und Bodenverhältnissen

Es ist bereits weiter oben darauf hingewiesen, daß das Auftreten von Weißährigkeit durch Standorts- und Bodenverhältnisse beeinflußt wird. Die ersten, in dieser Richtung liegenden Beobachtungen wurden von Mitte Mai 1939 ab auf dem Versuchsfeld des Zentral-Institutes für Pflanzenschutz in Ankara gemacht. Hier zeigte sich ganz allgemein, daß Weißährigkeit niemals an den Randpflanzen, sondern stets nur im Innern der Parzellen auftrat. Auch in den Fällen, in denen sehr starke Weißährigkeit beobachtet wurde, blieben die an die Wege stoßenden Randpflanzen der Parzellen gesund und hatten fast ausnahmslos grüne, unbeschädigte Ähren.

Die gleichen Feststellungen wurden auch an den Randpflanzen weißähriger Weizenfelder in der näheren und weiteren Umgegend von Ankara gemacht. Noch wichtiger und aufschlußreicher war aber die auf Exkursionen ebenso regelmäßig gemachte Beobachtung, daß erhöhte Bodenfeuchtigkeit die Weißährigkeit völlig zu unterdrücken vermag. Getreidefelder, in denen feuchtere Senken mit trockneren Flächen abwechseln, zeigen keine Weißährigkeit an den feuchten Stellen. Wenn sich Wassergräben oder Bäche durch ein Getreidefeld ziehen, so sind die Weizenpflanzen im Bereich dieser Wasseradern nicht nur heller grün und üppiger, sondern sie sind vor allem niemals weißährig; im Gegensatz dazu zeigen die entfernter stehenden Weizenpflanzen bei weniger üppiger Entwicklung eine tiefer grüne, oft fast blaugrüne Farbe und ausgesprochene Weißährigkeit. Für die spätere Beurteilung des Einflusses der Bodenfeuchtigkeit ist die weitere Beobachtung von Wichtigkeit, daß die Getreidepflanzen der feuchteren Bodenstellen eine stärkere vegetative Entwicklung zeigen und etwas später blühen als die Pflanzen der trockneren Flächen.

Die weiter oben erwähnte Feststellung, daß Randpflanzen keine Weißährigkeit zeigen, steht nun mit den Beobachtungen über den Einfluß erhöhter Bodenfeuchtigkeit in engstem Zusammenhang. Wir verstehen diesen Zusammenhang allerdings nur, wenn wir die geringen Niederschlagsverhältnisse von Inneranatolien berücksichtigen. Bei einer durchschnittlichen Jahresniederschlagsmenge von rund 300 mm ist das Wasser in ausgesprochenem Maße stets der begrenzende Faktor des Pflanzenwachstums (Christiansen-Weniger, 1, Gaßner und Christiansen-Weniger, 8). Deshalb ist nutzbringender Getreidebau in Inneranatolien

nur in regelmäßigem Wechsel mit Schwarzbrache möglich; der während des Brachejahres im Boden gesammelte bescheidene Wasservorrat stellt den Wasserbedarf für den Getreidebau des folgenden Jahres leidlich sicher. Dieser Wasservorrat wird durch die lückenlose Pflanzenschicht im Innern der Parzellen früher erschöpft als bei den Randpflanzen, denen auch noch der Wasservorrat der anstoßenden vegetationsfreien Wegflächen zur Verfügung steht. In jedem Sommer kann man beobachten, daß die Trockenrisse des Bodens stets im Innern der Parzellen und Felder beginnen und erst später auf die Randteile und die außerhalb der Parzellen befindliche Bodenfläche übergreifen. Diese Beobachtung besagt nichts anderes, als daß die Randpflanzen eine bessere Wasserversorgung haben, also relativ feuchter stehen als die Pflanzen des Parzelleninneren.

Hiermit in Zusammenhang steht eine üppigere Entwicklung und auch stärkere Bestockung[1]) der Randpflanzen sowie eine gewisse Verzögerung der Blütenentwicklung, wobei hier dahingestellt sei, inwieweit außerdem auch der erhöhte Lichtgenuß auf die Randpflanzen von Einfluß ist. Ausschlaggebend dürfte aber dieser letztgenannte Faktor kaum sein, weil Licht in Inneranatolien stets im Überschuß vorhanden ist.

Auf jeden Fall können wir die Beobachtung, daß Randpflanzen keine Weißährigkeit zeigen, ungezwungen mit der besseren Wasserversorgung dieser Pflanzen in Zusammenhang bringen. Diese bewirkt hier sowohl wie in feuchten Senken auf Getreidefeldern und in der Nähe von Wasserläufen eine stärkere vegetative Entwicklung und eine gewisse Verzögerung derjenigen Vorgänge, die zum Schossen und Ährenschieben und damit zur Blüte führen.

IV. Einfluß von Saatzeit und Sorteneigentümlichkeiten

Im Herbst, Winter und Frühjahr 1938/39 waren auf dem Versuchsfeld des Institutes in Ankara insgesamt 4 Weizensorten zu 5 verschiedenen Zeitpunkten in stets gleicher Weise und gleicher Parzelleneinteilung ausgesät, um das Resistenzverhalten dieser Sorten gegen 15 *Tilletia*-Stämme bei weitgehender Variierung der Aussaatzeiten zu prüfen. Zeitpunkte der Aussaat waren: 12. IX., 10. X., 26. X. 1938, 18. I., und 28. III. 1939; die Verwendung der gleichen Weizensorten zur Herbst-, Winter- und Frühjahrsaussaat war möglich, weil die inneranatolischen Weizensorten Wechselweizen sind.

Die verwendeten Weizensorten waren:

1. Vulgare-Weizen 89/28 der Saatzuchtstation Ankara
2. Vulgare-Weizen 702 „ „ Sazova
3. Durum-Weizen 65/29 „ „ Ankara
4. Durum-Weizen 253/29 „ „ Ankara.

[1]) Die Bestockung der Randpflanzen unserer Parzellen ist durchschnittlich etwa doppelt so stark wie die der Innenpflanzen. Über Einzelheiten wird Prof. Christiansen-Weniger in einer besonderen Arbeit berichten.

Bezüglich Aussaat und Auflauf ist folgendes zu bemerken:

Aussaat I (12. September 1938) erfolgte in staubtrockenen Boden; zwei Tage nach der Aussaat eingetretene schwere Niederschläge bewirkten raschen und gleichmäßigen Auflauf.

Aussaat II (10. Oktober 1938) lief erst Ende Oktober auf, nachdem es in der Nacht vom 22./23. Oktober kräftig geregnet hatte. Die Pflanzen der Aussaat II hatten daher nur einen geringen Vorsprung vor denen der folgenden Aussaat.

Aussaat III (26. Oktober 1938) lief durch ausreichende Bodenfeuchtigkeit relativ schnell Anfang November auf.

Tabelle 1

Zusammenstellung der Beobachtungen vom 7. Juni 1939 über das Auftreten der Weißährigkeit auf den Weizenparzellen des Versuchsfeldes Ankara

Aussaat: I = 12. September 1938 II = 10. Oktober 1938 III = 26. Oktober 1938 IV = 18. Januar 1939 V = 28. März 1939

Weizensorte	Aussaat	Entwicklungszustand	Bild
vulgare 89/28	I	abgeblüht	alle Pflanzen sehr stark weißährig; Weißährigkeit umfaßt allgemein die obere Ährenhälfte
	II	abgeblüht	wie vorstehend
	III	abgeblüht	allgemein stark weißährig; Weißährigkeit umfaßt das obere Ährendrittel
	IV	in Blüte	gesund [1])
	V	dicht vor Ährenschieben	gesund [1])
vulgare 702	I	abgeblüht	alle Pflanzen stark weißährig; die Weißährigkeit erstreckt sich meist nur auf die Spitzenährchen. Außerdem auffallende Weißgrannigkeit
	II	abgeblüht	wie vorstehend
	III	abgeblüht	wie vorstehend
	IV	Beginn der Blüte	gesund [1])
	V	im Schossen	gesund [1])
durum 65/29	I	abgeblüht	nur vereinzelte Pflanzen an der Ährenspitze weißährig
	II	abgeblüht	schwach weißährig, vielfach nur weißgrannig
	III	abgeblüht	ziemlich stark weißährig, teils von der Mitte der Ähren an, überwiegend jedoch nur in den Spitzenährchen
	IV	in Blüte	gesund [1])
	V	Beginn d. Ährenschiebens	gesund [1])
durum 253/29	I	abgeblüht	gesund [1])
	II	abgeblüht	ganz schwach und unbedeutend weißährig oder weißgrannig
	III	abgeblüht	fast ganz gesund
	IV	in Blüte	gesund [1])
	V	im Schossen	gesund [1])

[1]) Sind auch weiterhin gesund geblieben.

Aussaat IV (18. Januar 1939) war im Winter erfolgt; da jedoch die zweite Januarhälfte durch eine für diese Jahreszeit auffallend milde Witterung ausgezeichnet war, war die Mehrzahl der Pflanzen Anfang Februar normal aufgelaufen.

Aussaat V (28. März 1939) lief als Frühjahrsaussaat in den ersten Tagen des April gleichmäßig auf.

Bei allen Aussaaten und Sorten war die Entwicklung zunächst in jeder Weise normal. Erst als Anfang bis Mitte Mai 1939 die im vorhergehenden Herbst gesäten Parzellen zum Schossen und Ährenschieben schritten, machten sich Störungen in Form von Panaschierung der oberen Blätter und in Form von Weißährigkeit bemerkbar, zu denen bei den begrannten Weizenformen die weiter oben beschriebenen Grannenverkrümmungen kamen. In den folgenden Wochen wurden die Störungsbilder infolge der fortschreitenden Entwicklung noch deutlicher; gleichzeitig ergaben sich starke Unterschiede sowohl zwischen den einzelnen Weizensorten bezw. -formen wie aber auch zwischen den aus den verschiedenen Aussaatzeiten stammenden Pflanzen. Eine am 7. Juni 1939 vorgenommene Bonitierung brachte das in der nebenstehenden Zusammenstellung (Tabelle 1) wiedergegebene Ergebnis.

In dieser Zusammenstellung sind nur die Pflanzen aus dem Innern der Parzellen berücksichtigt; in den Ausführungen des vorigen Hauptabschnittes ist bereits darauf hingewiesen, daß die Randpflanzen der Parzellen keine Weißährigkeit aufzuweisen pflegen. — Zur Vereinfachung der Darstellung sind Panaschierung und nach Möglichkeit auch Weißgrannigkeit und die damit verbundenen Grannenkrümmungen nicht besonders erwähnt und im allgemeinen nur von Weißährigkeit gesprochen. Deshalb sei darauf hingewiesen, daß „starke“ und „sehr starke Weißährigkeit“ mit gleichzeitigem Auftreten von Panaschierungen der oberen Blätter identisch ist. Grannenverfärbungen und -verkrümmungen lagen in allen Fällen vor, in denen begrannte Weizen Weißährigkeit zeigten; soweit Weißgrannigkeit ohne typische Weißährigkeit oder in besonders auffallender Weise beobachtet wurde, ist sie besonders erwähnt.

Die Ergebnisse der in der nebenstehenden Zusammenstellung enthaltenen Ablesungen vom 7. Juni 1939 und der später hier nicht im einzelnen wiedergegebenen Beobachtungen lassen sich wie folgt zusammenfassen:

I. Nur die im Herbst (12. September, 10. Oktober und 26. Oktober 1938) gesäten Parzellen zeigen die Erscheinung der Weißährigkeit. Gesetzmäßige Unterschiede des Schadbildes zwischen den aus den verschiedenen Herbstsaaten stammenden Parzellen sind nicht zu beobachten. Wohl sind die Pflanzen des *vulgare* 89/28 bei Aussaat III etwas weniger weißährig als die der Aussaaten I und II; andererseits zeigt der vulgare-Weizen 702 überhaupt keine Unterschiede zwischen den Pflanzen der 3 Herbstaussaaten. Bei *durum* 65/29 ist die Aussaat III stärker weißährig als II und vor

allem I, bei *durum* 253/29 liegt das Maximum der Weißährigkeit bei Aussaat II, während I ganz und III fast ganz gesund sind.

Im Gegensatz zu den Herbstaussaaten zeigen die Pflanzen der Winter- und Frühjahrsaussaaten (18. Januar und 28. März 1939) niemals auch nur die geringsten Anzeichen von Weißährigkeit oder der mit dieser verbundenen anderen Symptome.

II. Im Verhalten der 4 verschiedenen, auf Weißährigkeitsverhalten beobachteten Weizensorten lagen bedeutende Unterschiede vor. Am stärk-



Abb. 19
Weizenfeld mit allgemeiner Weißährigkeit.
Samutlu bei Polatli, 26. Mai 1939.

sten betroffen wurden die beiden *vulgare*-Weizen 89/28 und 702, von denen der erstgenannte noch stärker litt als der Weizen 702, bei dem sich die Weißährigkeit meist nur auf den oberen Ährenteil erstreckte. Im Gegensatz dazu waren die beiden *durum*-Weizen 65/29 und 253/29 deutlich weniger stark weißährig, vor allem der letztgenannte.

Die im Frühsommer 1939 in der näheren und weiteren Umgegend von Ankara durchgeführten Feldbeobachtungen stehen in Übereinstimmung mit den auf dem Versuchsfeld Ankara gemachten Feststellungen. Auch hier wurde Weißährigkeit nur an den im Herbst 1938 zur Bestellung gekommenen Wintersaaten und in erster Linie an *vulgare*-Weizen beobachtet; das vorstehend in Abb. 19 wiedergegebene weißährige Weizenfeld von Samutlu bei Polatli war im Herbst 1938 gesät, der Weizen selbst war ein *vulgare*-Landweizen.

V. Weißährigkeit an Brandpflanzen

Da Weizensteinbrand, und zwar fast ausschließlich *Tilletia foetens* im anatolischem Weizenbau außerordentlich verbreitet ist (vgl. Gaßner 4, 5) und da die auf dem Versuchsfeld Ankara durchgeführten Beobachtungen an Parzellen gemacht sind, die zur Klärung der Resistenzfrage mit verschiedenen Brandrassen künstlich infiziert waren, konnten sehr häufig auch brandige Weizenähren mit den beschriebenen Symptomen der Weißährigkeit beobachtet werden. Ganz allgemein wurde dabei festgestellt, daß das Auftreten der Weißährigkeit in keiner Weise durch die Frage bestimmt wird, ob die betreffenden Pflanzen bezw. Ähren brandig oder brandfrei waren.

Wenn auch das Bild der Weißährigkeit bei Brandähren demjenigen nicht brandiger Ähren weitgehend ähnelt, so liegt doch ein wichtiger Unterschied insoweit vor, als weißährige Brandähren in den weißgelblichen Ährenteilen regelmäßig oder doch überwiegend wohl entwickelte,



Abb. 20



Abb. 21

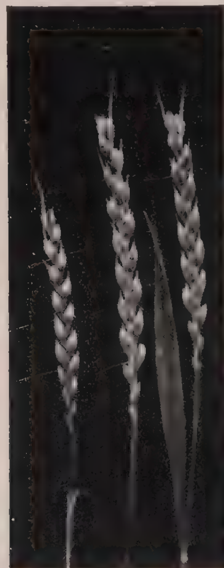


Abb. 22

Abb. 20. Brandähren, inks normal, Mitte und rechts völlig weißährig. Die weißen Ähren enthalten mit Ausnahme der Spitzenährchen gut ausgebildete Brandkörper.
Vulgare-Weizen 89/28. Ankara, 30. Mai 1939.

Abb. 21. Brandähren eines Landweizens mit Weißährigkeit des oberen Ährenteils. Auch hier enthalten die weißährigen Teile Brandbutten. Maliköy, 26 Mai 1939.

Abb. 22. Brandähren mit regelmäßigen Weißfärbungen des oberen Teiles der Hüllspelzen jedes Ährchens. Linke Ähre: mehr als die obere Hälfte der Hüllspelzen weiß. Mittlere Ähre: etwa das obere Drittel der Hüllspelzen weiß. Rechte Ähre: nur die Spitzen der Hüllspelzen weiß.
Vulgare-Weizen 89/28. Ankara, 30. Mai 1939.

oft sogar besonders üppige Brandkörner zu entwickeln vermögen, während brandfreie Ähren nach den weiter oben gemachten Ausführungen in den weißen Ährchen die Fähigkeit zur Hervorbringung von Körnern verloren haben. Die Entstehung von Brandähren ist also nicht an den Chlorophyllgehalt der Ähren und Ährchen gebunden. Dies ist umso bemerkenswerter, als die Fruchtwand der sich normalerweise in grünen Ähren entwickelnden Brandkörner in dem ersten Stadium ihrer Entwicklung besonders reichlich Chlorophyll enthält, wie auch die ganzen Brandähren besonders chlorophyllreich sind und deshalb meist eine mehr blaugrüne Färbung aufweisen (Gaßner, 6, 7).

Auch bei Brandähren kann der Grad der Weißährigkeit im einzelnen recht verschieden sein. Abb. 20 zeigt in der Mitte und rechts völlig weiße Brandähren, denen zu Vergleichszwecken links eine nicht weißährige Brandähre der gleichen Sorte (*vulgare*-Weizen 89/28) gegenübergestellt ist. In Abb. 21 sind 3, nur in der oberen Hälfte weiße Brandähren eines vulgare-Landweizens aus Maliköy wiedergegeben; auch hier enthält der obere weiße Teil Brandbutten, von denen z. B. das in der rechten Ähre rechts oben entwickelte Brandkorn besonders üppig entwickelt ist.

In Abb. 22 sind 3 Brandähren zusammengestellt, bei denen sich die Weißährigkeit auf die Weißfärbung der oberen Teile der Hüllspelzen beschränkt. Die Form dieser Ähren weicht in nichts von derjenigen normaler Brandähren ab. Bei der links abgebildeten Brandähre sind die Hüllspelzen in der oberen Hälfte bezw. bis auf das untere Drittel oder Viertel völlig weiß; bei den beiden anderen Ähren beschränkt sich die Weißfärbung auf das obere Drittel bezw. auf die Spitze der Hüllspelzen. Das Bild wird dadurch besonders auffällig, daß die nicht weiß verfärbten Ährenteile in üblicher Weise ein besonders tiefes, fast blaugrünes Grün aufweisen. Deshalb treten auch etwaige Panaschierungen der Spelzen in Brandähren besonders deutlich hervor.

Panaschierungen der oberen Blätter konnten an brandigen Pflanzen nicht in so typischer Weise beobachtet werden wie an nichtbrandigem Weizen; meist deuten nur weiße Blattränder auf eine Tendenz zur Panaschierung hin, der aber offensichtlich der hohe Chlorophyllgehalt der Brandpflanzen entgegenarbeitet.

VI. Klimatische Einwirkungen als Ursache der Weißährigkeit

Die im Sommer 1939 in Inneranatolien beobachtete Erscheinung der Weißährigkeit war so allgemein aufgetreten und über derart weite Landstriche verbreitet, daß sie nur als Wirkung klimatischer Faktoren gedeutet werden kann. Hierfür spricht auch schon die Tatsache, daß sie in den vorhergehenden Jahren völlig fehlte oder doch zum mindesten so unauffällig war, daß sie der Beobachtung entging. Ganz einwandfrei aber geht die Klimawirkung aus der weiter oben im IV. Abschnitt dieser Arbeit

erwähnten Feststellung hervor, daß Weißährigkeit nur bei den im Herbst gesäten Parzellen und Feldern, dagegen niemals bei Winter- und Frühjahrsaussaat aufgetreten war. Damit ist gleichzeitig ein wichtiger Hinweis dahin gegeben, daß die Ursachen für das Eintreten der Weißährigkeit in winterlichen Klimaeinwirkungen gesucht werden müssen. Hieran wird auch nichts durch die weitere Feststellung geändert, daß Sorteneigentümlichkeiten sowie Boden- und Wasserverhältnisse das Auftreten der Weißährigkeit modifizieren können.

Unter den verschiedenen Klimafaktoren müssen die Temperaturverhältnisse in erster Linie in Betracht gezogen werden, da Art und Verteilung der Niederschläge keinen Anhaltspunkt geben, und insbesondere die Beschränkung der Weißährigkeit auf die im Herbst gesäten Felder bezw. die bereits im Winter vorhandenen Wildgräser nicht erklären können. In den Abbildungen 23 und 24 sind nach den Messungen des Meteorologischen Institutes Ankara die täglichen Maxima, in den Abb. 25 und 26 die täglichen Minima für die Monate November 1938 bis April 1939 und zu Vergleichszwecken die entsprechenden Daten des vorhergehenden Winters 1937/38 wiedergegeben, nach dem keine Weißährigkeit zu beobachten war. In Abb. 27 ist außerdem noch der Temperaturverlauf der Monate November bis April 1938/39 und 1937/38 in geglätteten Kurven dargestellt, die nach der in der Meteorologie üblichen Formel

$$y_n = \frac{a_{n-1} + 2a_n + a_{n+1}}{4}$$ berechnet sind.

Der Vergleich der Temperaturkurven der Winter 1937/38 und 1938/39 ergibt als erste wichtige Tatsache die Feststellung, daß das Auftreten der Weißährigkeit nicht durch besonders tiefe Temperaturgrade ausgelöst sein kann. Wie die Zusammenstellung der Zahl der Frosttage in den beiden hier herangezogenen Wintern (Tabelle 2) zeigt, hat der Winter 1938/39 74, der Winter 1937/38 etwas mehr, nämlich 78 Frosttage; viel schwerer aber fällt ins Gewicht, daß die Frosttage des Winters 1937/38 wesentlich kälter waren als die des Winters 1938/39, den wir für die Auslösung der Weißährigkeit verantwortlich machen müssen. Einem durchschnittlichen Minimum der 78 Frosttage des Winters 1937/38 von — 5,65 ° C steht ein solches von nur — 3,11 ° C der 74 Frosttage des Winters 1938/39 gegenüber.

An sich enthält die Feststellung, daß zwischen der Einwirkung tiefer Wintertemperaturen und Weißährigkeit keine Beziehungen vorliegen, nichts Neues; denn es ist bisher niemals etwas darüber bekannt geworden, daß schwere Winter Weißährigkeit zur Folge haben. Auch in den besonders schweren Wintern der letzten Jahre und Jahrzehnte, die für den Getreidebau in Europa vielfach katastrophal gewesen sind, gehörte die hier beschriebene Weißährigkeit nicht zu den durch solche extremen Wintereinflüsse hervorgerufenen Schadbildern.

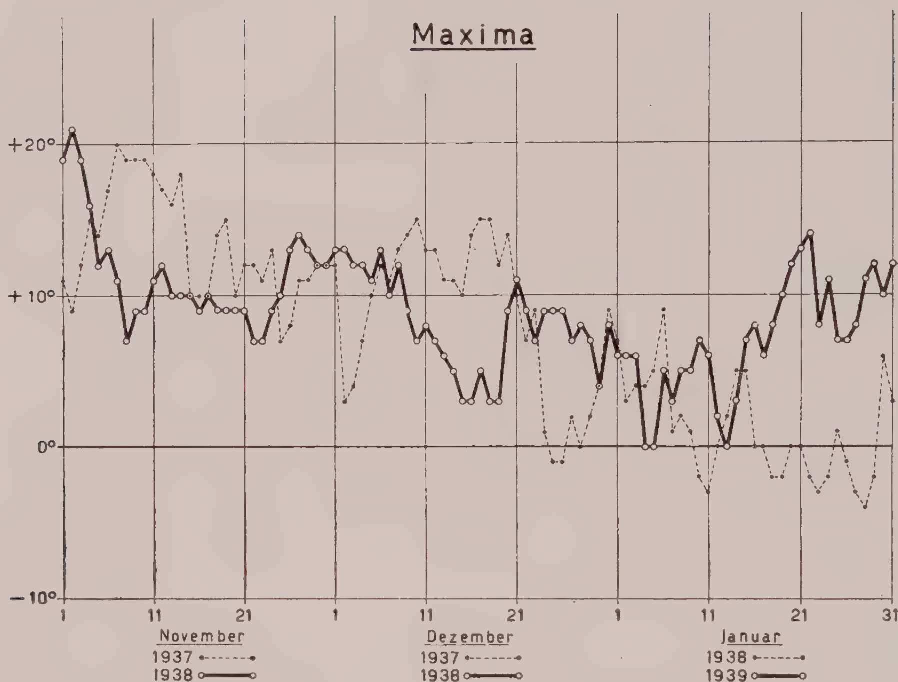


Abb. 23. Temperaturmaxima November 1937 — Januar 1938 (dünne Linie) und November 1938 — Januar 1939 (starke Linie)

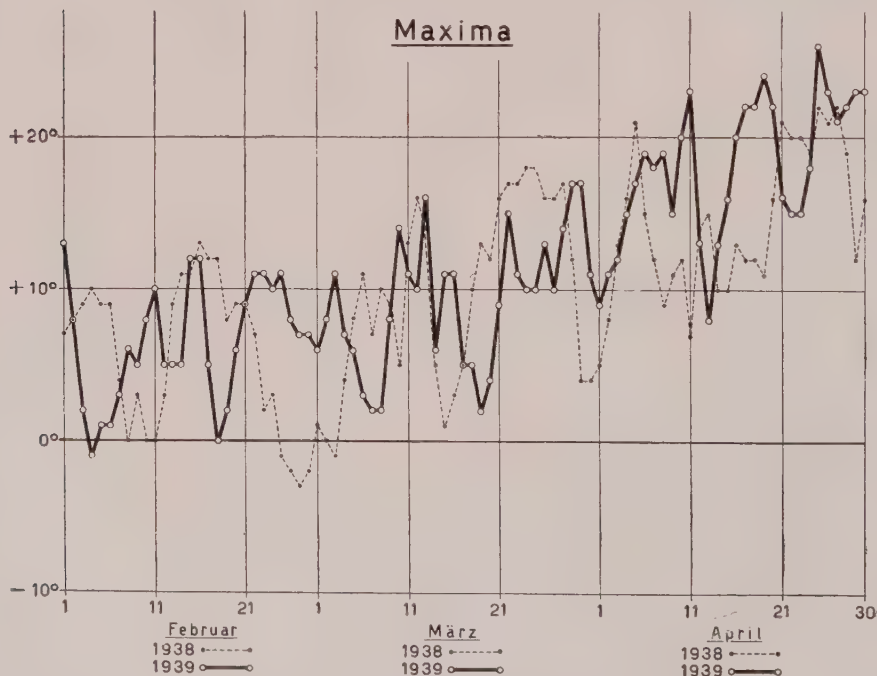


Abb. 24. Temperaturmaxima Februar — April 1938 (dünne Linie) und Februar — April 1939 (starke Linie)

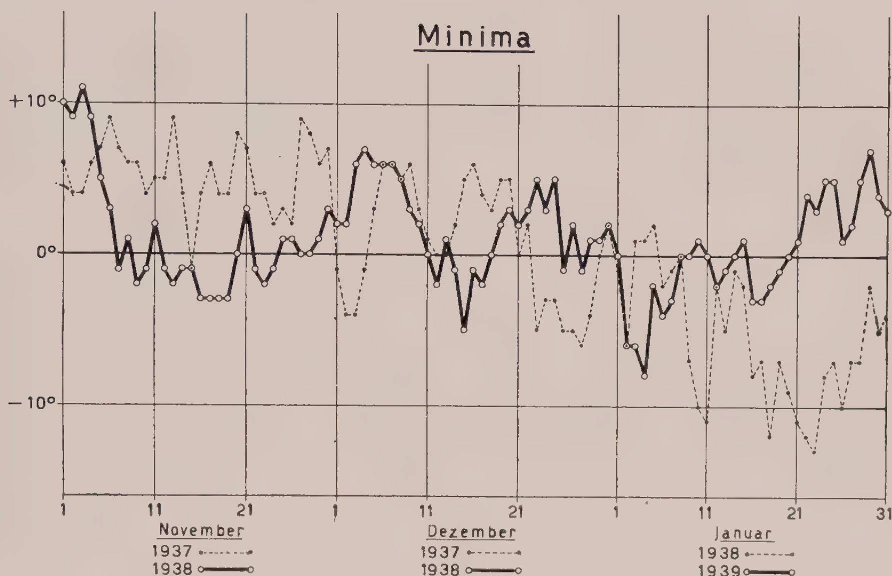


Abb. 25. Temperaturminima November 1937 — Januar 1938 (dünne Linie) und November 1938 — Januar 1939 (starke Linie)

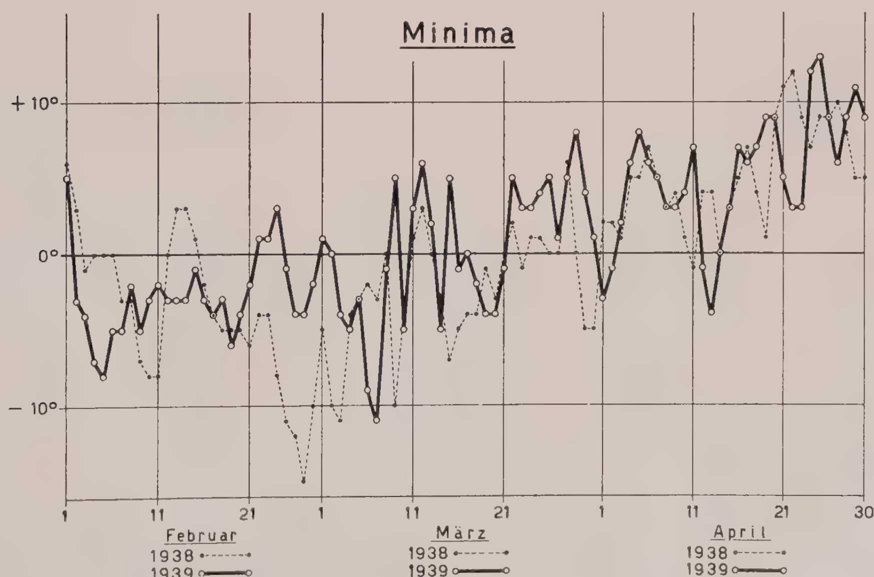


Abb. 26. Temperaturminima Februar — April 1938 (dünne Linie) und Februar — April 1939 (starke Linie)

Tabelle 2
Zahl der Frosttage in den Monaten November—April 1937/38 und 1938/39

°C	1937/38							1938/39						
	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	November bis April	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	November bis April
— 1	1	2	3	1	2	1	**10**	7	4	2	2	3	2	**20**
— 2	—	—	4	1	1	—	**6**	3	2	3	4	1	—	**13**
— 3	—	2	—	2	3	—	**7**	4	—	3	7	1	1	**16**
— 4	—	3	1	3	4	—	**11**	—	—	1	5	3	1	**10**
— 5	—	3	2	3	5	—	**13**	—	1	—	3	3	—	**7**
— 6	—	1	1	1	—	—	**3**	—	—	2	1	—	—	**3**
— 7	—	—	6	1	1	—	**8**	—	—	—	1	—	—	**1**
— 8	—	—	2	3	—	—	**5**	—	—	1	1	—	—	**2**
— 9	—	—	1	—	—	—	**1**	—	—	—	—	1	—	**1**
— 10	—	—	2	1	2	—	**5**	—	—	—	—	—	—	**0**
— 11	—	—	2	1	1	—	**4**	—	—	—	—	1	—	**1**
— 12	—	—	2	1	—	—	**3**	—	—	—	—	—	—	**0**
— 13	—	—	1	—	—	—	**1**	—	—	—	—	—	—	**0**
— 14	—	—	—	—	—	—	**0**	—	—	—	—	—	—	**0**
— 15	—	—	—	1	—	—	**1**	—	—	—	—	—	—	**0**
insgesamt	1	11	27	19	19	1	**78**	14	7	12	24	13	4	**74**

Selbstverständlich können Fröste, vor allem Spätfröste, die Ährenentwicklung stören und pathologische Veränderungen hervorrufen; so berichtet Sorauer (15, 16) eingehend über eine auf Frostbeschädigung zurückzuführende Kahlährigkeit des Roggens. Das Bild der Kahlährigkeit ist jedoch so verschieden von dem der Weißährigkeit, daß es von vornherein unmöglich erscheinen muß, die von Sorauer auch experimentell als Ursache der Kahlährigkeit nachgewiesene Frostbeschädigung zur Erklärung der Weißährigkeit und der mit dieser verbundenen Panaschierung heranzuziehen.

Wenn wir nach den Ursachen der Weißährigkeit forschen, können wir also auf Grund der Temperaturkurven und unserer sonstigen Erfahrungen zunächst nur sagen, daß es sich nicht um einfache Frostwirkungen handeln kann. Vielmehr scheint es umgekehrt gerade auf den gemäßigten Charakter des Winters 1938/39 anzukommen, der mit nur kurzen Unterbrechungen eine naturgemäß langsame, aber doch gleichmäßige Weiterentwicklung des Getreides während großer Teile des Winters gestattete. Auffallend war diese Weiterentwicklung vor allem in der zweiten Hälfte des Monats Januar; die Weizenparzellen des Versuchsfeldes wiesen Anfang Februar einen Stand auf, wie er in anderen Jahren erst im März zu beobachten war. Der Februar 1939 hatte dann zwar überwiegend Nachttemperaturen unter 0°, andererseits aber erhoben sich die Tagestemperaturen oft auf Werte, die ein beschränktes Pflanzenwachstum noch möglich erscheinen lassen.

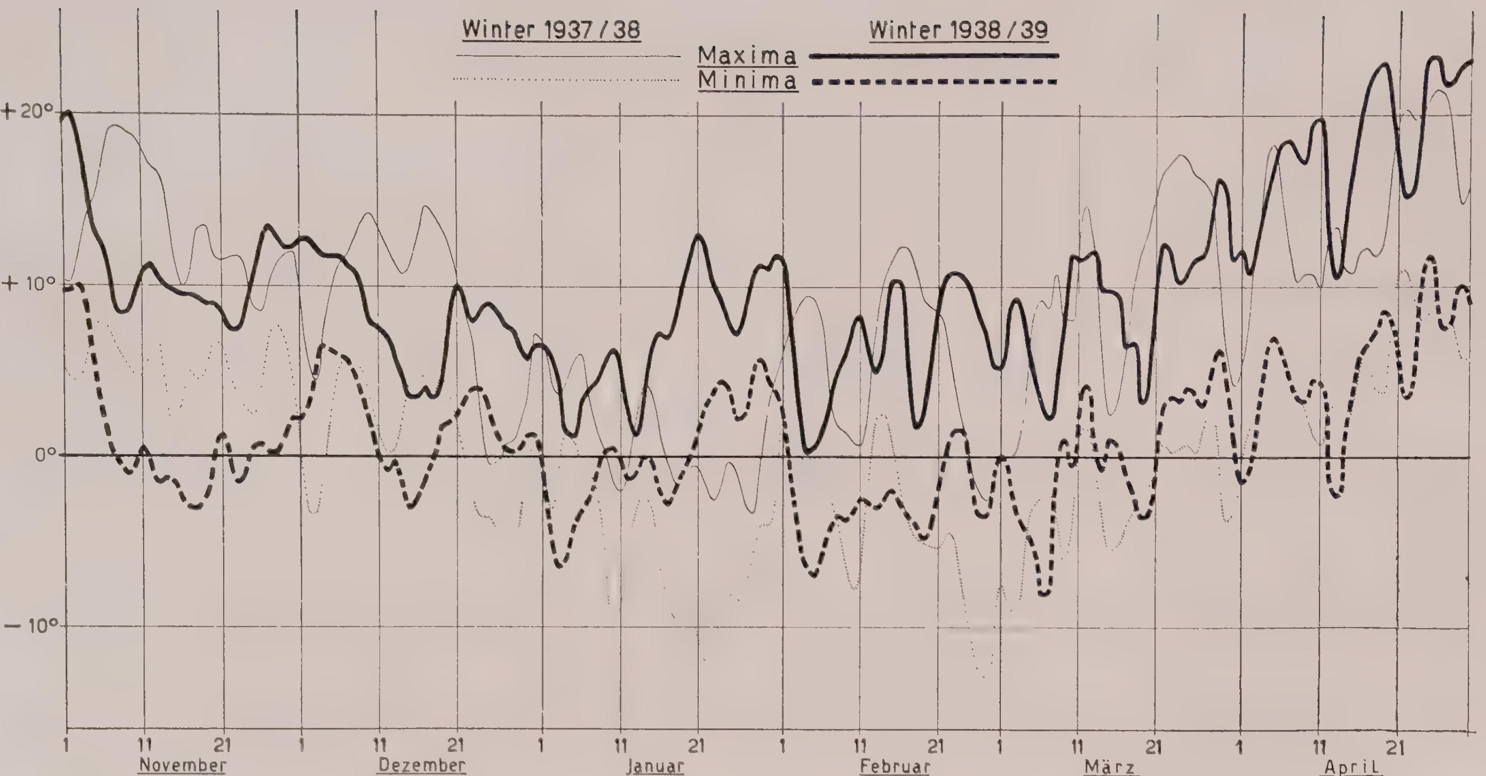


Abb. 27
Temperatur-Maxima und Minima November 1937 — April 1938 (dünne Linien)
und November 1938 — April 1939 (starke Linien)
(Geglättete Kurven)

Um die Eigenart des Winters 1938/39 darzulegen, ist in der folgenden Tabelle 3 die Zahl der „kalten Tage“ dieses Winters mit derjenigen des Winters 1937/38 in Vergleich gesetzt. Als kalte Tage sind solche gerechnet, in denen das Temperaturmaximum sich höchstens unwesentlich über 0° C erhob, also ein Wachstum der Pflanzen nicht mehr möglich war.

Tabelle 3

Zahl der kalten Tage (Temperaturmaximum höchstens + 1° C) in den Monaten November—April 1937/38 und 1938/39

° C	1937/38							1938/39						
	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	November bis April	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	November bis April
+ 1	—	1	3	—	2	—	6	—	—	—	2	—	—	2
0	—	1	5	3	1	—	10	—	—	3	1	—	—	4
− 1	—	2	1	1	1	—	5	—	—	—	1	—	—	1
− 2	—	—	6	2	—	—	8	—	—	—	—	—	—	0
− 3	—	—	3	1	—	—	4	—	—	—	—	—	—	0
− 4	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	0
Gesamt	0	4	19	7	4	0	34	0	0	3	4	0	0	7

Während die täglichen Maximaltemperaturen im Winter 1938/39 nur an sieben Tagen in der Nähe des Nullpunktes und niemals tiefer als auf − 1° C absanken, haben wir im Winter 1937/38 insgesamt 34 Tage mit tiefen Maximaltemperaturen, davon 13 Tage, an denen die höchste Tagestemperatur unter − 1° C geblieben ist. Im Januar 1939 gab es überhaupt keinen, im Januar 1938 dagegen 11 Tage, an denen die höchste Tagestemperatur unter 0° C geblieben war.

Zur weiteren Vervollständigung des Klimabildes ist schließlich noch in Tabelle 4 eine Gesamtübersicht der aus den Maxima und Minima berechneten täglichen mittleren Temperaturen nach ihrer Häufigkeit in den beiden in Vergleich gesetzten Wintern gegeben. Während 1937/38 die Temperaturen vom November bis Januar in stetiger Kurve stark abnahmen um vom Februar an wieder anzusteigen, haben wir in den Monaten November—Januar 1938/39 eine auffallende Konstanz der täglichen Temperaturmittel; erst der Februar 1939 bringt einen stärkeren Abfall. März und April 1939 zeigen im Vergleich zu 1938 keine wesentlichen Abweichungen.

Das erste Hauptmerkmal des Winters 1938/39 liegt also in der gleichmäßigen Höhe der täglichen Durchschnittstemperaturen in den Monaten November bis Januar. Die in Tabelle 4 gegebene Darstellung zeigt, daß der November 1938 kälter, der Dezember 1938 und vor allem der Januar 1939 weit weniger kalt sind als die entsprechenden Monate

Tabelle 4

Häufigkeit der Tage mit gleichen mittleren Temperaturen in den Monaten November bis April 1937/38 und 1938/39

Mittlere Temperatur = Mittel von Maximum und Minimum

°C	1937/38						1938/39					
	November	Dezember	Januar	Februar	März	April	November	Dezember	Januar	Februar	März	April
+ 20												●
19												
18												
17												●●
16						●●●●						●●●●
15						●●	●●●					●●●
14	●					●						●●●
13	●●●●					●●●	●				●	●●
12					●							●●
11	●●●●					●●●					●	●●●
10	●●●●●	●●●●			●●●●	●●		●●	●		●●	●
9	●●●●	●●●●●●				●●●●	●	●●●	●	●	●●	●●●
8	●●●●●	●			●●●●	●●	●●	●●●	●●●		●●	
7	●●	●●●●		●●	●●	●●●	●●●●●	●●	●●	●	●●●●●	●●
6		●●●		●●●●	●●	●●	●●●	●●●●●	●●●	●●●	●●	●
5	●●●	●●		●●●	●●●	●●	●●●●	●●●	●●	●●	●●	●
4			●●	●●●		●	●●●●●●	●●●●●	●●●	●●	●●●●	
3		●	●●●		●●	●	●●●●●	●●●	●●●●●●	●●●	●	●
2		●●	●●	●●●●●				●●●	●●	●●●	●●	●
+ 1			●●	●	●●●●			●	●	●●●●●	●●●	
0		●	●		●				●●●●	●	●	
− 1		●●●	●●	●	●●●●			●	●●	●●	●	
− 2		●●	●●●	●●	●					●●●		
− 3		●●	●●	●	●						●	
− 4			●●	●●					●	●●		
− 5			●●●●		●						●	
− 6			●●●●	●●	●							
− 7			●●●	●								
− 8			●									
− 9				●								
− 10												

des Winters 1937/38. Wie schon weiter oben betont, war also während dieser drei Monate eine Weiterentwickluug des Getreides möglich. Bei der Beurteilung dieser Feststellung geben allerdings die aus Maxima und Minima berechneten mittleren Temperaturen nur einen unvollständigen Anhalt, da wir natürlich auch die im kontinentalen Klima Inneranatoliens vorliegenden starken täglichen Temperaturschwankungen berücksichtigen müssen. Ein Vergleich mit den weiter oben gegebenen Temperaturkurven (Abb. 23—26) zeigt, daß Mitteltemperaturen von mehreren Graden über dem Nullpunkt Nachttemperaturen entsprechen, die oft in der Nähe und unterhalb des Wachstumsminimums liegen. Wenn also auf Grund der mittleren Temperatur mit einer Weiterentwicklung des Getreides in den Monaten November bis Januar und darüber hinaus gerechnet werden muß, so besagt dies nichts darüber, daß in dieser Zeit das Wachstumsminimum häufig nicht erreicht wird. Wir müssen also die Wachstumsbedingungen des Winters 1938/39 dahin charakterisieren, daß bei Durchschnittstemperaturen von wenigen Graden über dem Nullpunkt, die für eine langsame Entwicklung des Getreides ausreichend scheinen, täglich oder fast täglich vorübergehend Temperaturen zur Einwirkung kommen, die an oder unterhalb der Wachstumsgrenze liegen.

Eine weitere, mit dem soeben dargelegten Hauptmerkmal des Winters 1938/39 in Zusammenhang stehende Besonderheit dieses Winters liegt in dem ebenfalls schon kurz erwähnten Umstand, daß 1939 nicht wie 1938 der Januar, sondern der Februar der kälteste Monat gewesen ist. Wenn nun auch im Februar 1939 nicht gerade besonders tiefe Kältegrade beobachtet werden konnten, so ist doch zu berücksichtigen, daß es in diesem Monat in 24 von 28 Nächten gefroren hat, und daß die bis weit in den März hinein auftretenden Nachtfröste Pflanzen getroffen haben, die wegen des bisherigen milden Winterverlaufs in der Entwicklung weit vorgeschritten waren und sich dann trotz der Nachtfröste sogar noch weiter entwickeln konnten, soweit die Tagestemperaturen wesentlich über dem Nullpunkt lagen.

Der Winter 1938/39 weist also gewisse Besonderheiten auf, die wir der Beurteilung der Ursachen der Weißährigkeit zugrunde legen können. Im übrigen aber müssen wir auf die wenigen bisher bekannt gewordenen Fälle zurückgreifen, in denen Temperaturwirkungen die normale Chlorophyllbildung gestört und das Auftreten weißer oder panaschierter Pflanzenteile ausgelöst haben.

Zimmermann (18) hat Ende April bis Anfang Mai 1906 in Mecklenburg „Weißährigkeit“ und „weiß gebänderte Blätter“ auf Roggen und Weizen beobachtet; der Verfasser hält es für „nicht ausgeschlossen, daß auf die Entstehung von Weißblättrigkeit Witterungseinflüsse von Bedeutung sind“, ohne jedoch sagen zu können, in welcher Richtung diese Einflüsse liegen dürften. In einer späteren Veröffentlichung (19) sagt der gleiche Autor: „Inwieweit bei der Erscheinung die Witterung mitspricht,

bleibt weiteren Beobachtungen überlassen, immerhin ist die Tatsache von Interesse, daß am 21. April ein jäher Übergang von — 1,3° C Nachttemperatur zu 13,1° C Tagestemperatur stattgefunden hatte. Vorher waren die albikaten Pflanzen auf dem Roggenschlag nicht bemerkt worden."

Zu diesen Ausführungen von Zimmermann ist zunächst zu sagen, daß wir die von diesem Autor gemachten Feststellungen über das Auftreten albikater Getreidepflanzen den 1939 in Inneranatolien gemachten Beobachtungen an die Seite stellen dürfen und müssen, auch wenn eigentliche Weißährigkeit nicht vorgelegen hat. Wir hatten in Anatolien gesehen, daß Weißährigkeit nur eines der Symptome ist und häufig von Panaschierung oder Albikatio der oberen Blätter begleitet wird; in einigen, weiter oben nicht besonders erwähnten Fällen konnte im übrigen, und zwar vor allem an Gerste, auch in Ankara Panaschierung und Weißfärbung der Blätter ohne darauf folgende, bzw. damit Hand in Hand gehende Weißährigkeit beobachtet werden.

Die Beobachtungen von Zimmermann besagen nichts Positives über die Art der wirksamen Klimafaktoren. Daß ein einmaliger „jäher" Temperaturanstieg von — 1,3° C Nachttemperatur auf 13,1° C Tagestemperatur als auslösende Ursache in Frage kommt, muß von vornherein als unwahrscheinlich gelten und kann für Anatolien deshalb mit Sicherheit abgelehnt werden, weil derartige und noch stärkere tägliche Temperaturschwankungen hier alljährlich regelmäßig auftreten, ohne daß es dadurch zu Panaschierung und Weißährigkeit kommt.

Wichtiger sind einige andere Beobachtungen. Nach bereits früher veröffentlichten Beobachtungen des Gartenbesitzers Buck (vergl. Gaßner, 3, S. 483) kann man bei Frühtreiben des Spargels beobachten, „daß die bei niederen, an der unteren Grenze des Wachstums liegenden Temperaturen hervorkommenden Spargeltriebe weiß sind und trotz Belichtung und Temperatursteigerung längere Zeit weiß bleiben." Sodann hat Weidlich (17) über Weißblättrigkeit von *Selaginella* durch niedere Temperaturen berichtet. Danach erzeugen bestimmte *Selaginella*-Arten chlorophyllose weißspitzige Triebe, wenn sie bei Temperaturen von + 10° C kultiviert werden, während die bei höheren Temperaturen gebildeten Triebe normal grün sind. Da Temperaturen von 10° C bei tropischen *Selaginella*-Arten an der Grenze des Wachstumsminimums liegen, lassen sich die Beobachtungen von Buck und Weidlich dahin zusammenfassen, daß die längere Einwirkung solcher Temperaturen, die gerade noch ein Wachstum gestatten oder darunter liegen, die Ausbildung eines normalen Chlorophyllapparates verhindern.

In der gleichen Richtung liegen nun frühere eigene Untersuchungen über die künstliche Erzeugung von weißblättrigen bzw. panaschierten Haferpflanzen durch langandauernde Einwirkung niederer, an der Grenze des Keimungsminimums liegender Temperaturen auf keimende Samen

(Gaßner, 3). In Versuchen des Jahres 1911 war beobachtet, daß eine als Uruguayhafer bezeichnete Hafersorte die Fähigkeit zu ergrünen ganz oder teilweise bzw. dauernd oder vorübergehend verliert, wenn sie bei tiefen Temperaturen von + 1° bis + 2° C zum Auflaufen gebracht wird; solche Pflanzen bleiben später „trotz der Belichtung und des Aufenthaltes bei den im Freien herrschenden Sommertemperaturen rein weiß" oder ergrünen allmählich und nur zögernd, wobei „typisch weißgrün-gebänderte Blätter entstehen" (Gaßner, 3, S. 481). Das durch langandauernde tiefe Keimungstemperaturen (+ 1° bis 2° C während 3 Monaten!) experimentell erzeugte Bild stimmt durchaus mit demjenigen überein, das an weiß gebliebenen und panaschierten Getreideblättern in Anatolien beobachtet wurde; allerdings, Weißährigkeit bzw. Weißrispigkeit wurde seinerzeit nicht ausgelöst, kann aber auch nicht erwartet werden, weil die jungen Rispenanlagen zur Zeit der Einwirkung der tiefen Keimungstemperaturen noch nicht vorhanden bzw. differenziert waren. Da auch die später, also nach Ablauf des Keimprozesses entwickelten Blattspreiten des Uruguay-Hafers nicht weiß wurden, sondern normal ergrünten, dürfen wir sagen, daß nur diejenigen Pflanzenteile, die ihre erste Entwicklung sehr zögernd und bei Temperaturen in der Nähe des Wachstumsminimums durchliefen, die Fähigkeit zum Ergrünen verloren haben; diese sind es ausschließlich, die sich nach Überführung in höhere Temperaturen zu weißen oder panaschierten Blättern weiterentwickeln.

Diese älteren experimentellen Untersuchungen geben nun einen überaus wichtigen Hinweis auf die Ursachen der Weißährigkeit des Jahres 1939 in Inneranatolien. Da hier die oberen Blätter und Ähren bzw. die oberen Ährenteile die Fähigkeit des Ergrünens verloren haben, müssen wir annehmen, daß sich die erste Entwicklung gerade dieser Pflanzenteile zögernd unter unzureichenden, an der unteren Wachstumsgrenze liegenden Temperaturen vollzogen hat; wir müssen von der Voraussetzung ausgehen, daß auch hier lang einwirkende niedere Wärmegrade und Temperaturen in der Nähe des Nullpunktes die jungen Gewebe der gerade in erster Entwicklung begriffenen Pflanzenteile dahin beeinflußt haben, daß sie in ähnlicher Weise wie die ersten Blätter sehr kalt gekeimter Haferpflanzen nicht mehr oder nur unvollständig zu ergrünen vermögen.

Eine solche Erklärung der Ursachen der Weißährigkeit dürfte nun tatsächlich mit dem weiter oben dargelegten Verlauf der Temperaturverhältnisse des Winters 1938/39 in Übereinstimmung stehen. Wir hatten gesehen, daß die ersten Monate dieses Winters eine langsam stetige Weiterentwicklung der Getreidepflanzen gestatteten, auch wenn in dieser Zeit oft Temperaturen an und unterhalb der Grenze des Wachstumsminimums vorlagen. Eine Beschleunigung der Entwicklung trat dann

vorübergehend in der zweiten Januarhälfte ein, die eine für diese Jahreszeit auffallend milde Witterung zeigte; es ist weiter oben schon betont, daß die Herbstsaaten Ende Januar einen Stand zeigten, wie er sonst erst im März zu beobachten ist. Auf diesem Stand blieben die Pflanzen dann aber lange stehen oder entwickelten sich nur sehr langsam weiter, weil Anfang Februar eine mit kurzen Unterbrechungen mehr als 6 Wochen dauernde kältere Witterungsperiode mit regelmäßigen Nachtfrösten einsetzte. Diese Periode muß die in beginnender Entwicklung befindlichen oberen Blätter und Ährenanlagen getroffen und dürfte sie in ähnlicher Weise beeinflußt haben, wie wir es in den älteren Versuchen mit Uruguayhafer kennengelernt haben, wo die ersten Blattanlagen durch langsame Entwicklung bei Temperaturen von etwas über 0° C die Fähigkeit zu ergrünen verloren hatten.

Eine nähere Einzelanalyse der Temperaturwirkung erscheint ohne experimentelle Nachprüfung nicht möglich. Nur auf einen Punkt muß noch kurz eingegangen werden. Aus älteren Untersuchungen von Julius Sachs wissen wir, daß das Temperaturminimum der Pflanzen in den einzelnen Entwicklungsstadien verschieden hoch liegt, und „daß es nicht nur für die Keimung einen unteren Nullpunkt gibt, sondern auch für den Eintritt der Vegetation, und daß der Vegetationsnullpunkt um mehrere Grad höher liegt als der erstere“ (Sachs, 13, S. 75). Dies bedeutet, daß die Anfang Februar 1939 schon relativ weit entwickelten Getreidepflanzen im Februar und März nicht nur in den Nachtstunden, sondern auch bei den über 0° C liegenden Tagesstunden vielfach unter Bedingungen standen, die ein normales Weiterwachstum nicht mehr gestatteten. Wir können also mit vollem Recht sagen, daß die Temperaturen im Februar und in der ersten Märzhälfte überwiegend unter dem Wachstumsminimum gelegen haben, wodurch die Auslösung von Panaschierung und Weißährigkeit verständlicher wird als durch die bloße Berücksichtigung der tiefen Nachttemperaturen. Im übrigen ist seit langem bekannt, daß die Chlorophyllbildung Temperaturen erfordert, die über dem Wachstumsminimum liegen (Sachs, 14, Elfing, 2, u. a.); es ist deshalb gar nicht so sehr überraschend, wenn lang andauernder Aufenthalt bei niederen Temperaturen zu einer dauernden Unterdrückung der Ergrünungsfähigkeit führt.

Die vorstehenden Ausführungen machen es ohne weiteres verständlich, daß nur die im Herbst 1938 gesäten und aufgelaufenen Pflanzen die Erscheinung der Weißährigkeit zeigten. Die am 18. Januar 1939 gesäten Parzellen waren Ende Januar aufgelaufen und überdauerten den für die Herbstsaaten offensichtlich kritischen Februar und den März als sehr kleine Pflänzchen; die Frühjahrssaat vom 28. März 1939 kam von vornherein bei höheren Temperaturen zur Entwicklung.

Schließlich muß hier noch auf die auffallenden Beobachtungen des III. Abschnittes eingegangen werden, wonach an feuchten Senken von

Getreidefeldern, in der Nähe von Wasserläufen und an den durch bessere Wasserversorgung ausgezeichneten Randpflanzen von Parzellen und Feldern niemals Weißährigkeit beobachtet werden konnte. Es ist bereits bei der Besprechung dieser Beobachtungen darauf hingewiesen, daß höhere Bodenfeuchtigkeit eine stärkere vegetative Entwicklung und damit eine Verzögerung derjenigen Vorgänge bewirkt, die zum Schossen und zur Blütenbildung führen. Pflanzen feuchter Standorte sind also entwicklungsphysiologisch jünger als trockener stehende. Wenn aber die Anlage der Ähren an feucht stehenden Pflanzen Anfang Februar, also bei Eintritt derjenigen Witterungsverhältnisse, die wir nach dem Obigen für die Auslösung der Weißährigkeit wohl in erster Linie verantwortlich machen müssen, nicht genügend weit vorgeschritten ist, läßt sich auch keine Wirkung der Temperaturfaktoren auf die Ährenentwicklung erwarten. Für die Beurteilung der Bedingungen, unter denen Weißährigkeit zustande kommt, ist im übrigen die Abhängigkeit der Erscheinung vom Wassergehalt des Bodens von grundsätzlicher Bedeutung. Denn es wird dadurch besonders klar bewiesen, daß für die Auslösung der Weißährigkeit nicht bestimmte Temperaturen allein ausschlaggebend sind, sondern daß es ebenso und vor allem auch darauf ankommt, daß geeignete niedere und genügend lange einwirkende Temperaturen Pflanzen eines ganz bestimmten physiologischen Entwicklungszustandes treffen; dieser aber hängt von der Aussaatzeit, von dem Temperaturverlauf bis zum Einwirken der kritischen Temperaturen, von dem Wassergehalt des Bodens, von Sorteneigentümlichkeiten und sicherlich noch von anderen Momenten ab. Dieses Zusammenwirken vieler und ganz verschiedener Faktoren ist offensichtlich der Grund, weshalb wir die hier geschilderte Erscheinung der Weißährigkeit anscheinend nur selten in der Natur und im Getreidebau antreffen, und macht im übrigen die großen Schwierigkeiten und Unsicherheitsmomente verständlich, auf die wir bei jedem Versuch einer kausalen Erklärung der Weißährigkeit stoßen.

VII. Zusammenfassung

1. Im späten Frühjahr und im Sommer 1939 wurden in weiten Teilen Inneranatoliens an Getreidepflanzen und vielen Wildgräsern neben Panaschierung der oberen Blätter starke Weißährigkeit und damit in Zusammenhang stehende Verkrümmungen der weiß gebliebenen Grannen beobachtet. Da zum mindesten die oberen Teile, oft aber auch die ganzen Ähren weiß blieben und keine Körner entwickelten, war der wirtschaftliche Schaden der Erscheinung bedeutend.

2. Die in Anatolien beobachtete Weißährigkeit hat anscheinend nichts mit den bisher unter Weißseuche oder Weißährigkeit beschriebenen Erscheinungen zu tun und mit diesen nur den Namen gemeinsam.

3. Weißährigkeit fehlte 1939 an feuchten Stellen von Getreidefeldern, in der Nähe von Wasserläufen sowie an den bezüglich der Wasserversorgung günstiger gestellten Randpflanzen von Parzellen und Feldern.

4. Weißährigkeit trat nur an den im Herbst 1938 gesäten Getreidepflanzen auf, während Winter- und Frühjahrsaussaaten von der Erscheinung frei blieben. In Übereinstimmung hiermit zeigten nur solche Wildgräser Weißährigkeit, die bereits den Einflüssen des Winters 1938/39 ausgesetzt waren.

5. Die verschiedenen Weizenformen und -sorten zeigten verschieden starkes Auftreten der Weißährigkeit. Die Witterungseinflüsse des Winters 1938/39 riefen allgemein auf *vulgare*-Weizen deutlich stärkere Weißährigkeit hervor, als auf *durum*-Weizen.

6. Steinbrandähren zeigten ebenfalls alle Grade typischer Weißährigkeit. Während aber nicht brandige Ähren in den weiß gebliebenen Ährenteilen niemals Körner entwickelten, kamen in weißen Brandähren in großem Umfang normale, zum Teil sogar besonders große Brandbutten zur Entwicklung.

7. Die Ursache der Weißährigkeit muß in klimatischen Einflüssen des vorhergehenden Winters 1938/39 gesucht werden, jedoch kann als sicher gelten, daß es sich nicht um Frostschäden oder Kälteschäden im üblichen Sinne handelt. Soweit sich bisher sagen läßt, beruht vielmehr die Erscheinung der Weißährigkeit darauf, daß verhältnismäßig weit entwickelte Pflanzen in der zweiten Winterhälfte lange Zeit bei niederen Temperaturen in der Nähe und unterhalb des Wachstumsminimums standen, und daß die in dieser Zeit sich nur sehr langsam weiterentwickelnden jüngsten Pflanzenteile hierdurch die Fähigkeit zur Ergrünung verloren haben.

Für diese Deutung sprechen die Temperaturkurven des Winters 1938/39 sowie vor allem ältere experimentelle Unterlagen des Verfassers über Störungen der Chlorophyllbildung bei Haferpflanzen, die während des Keimungsprozesses lange Zeit Temperaturen in der Nähe des Wachstumsminimums ausgesetzt waren.

Die Beobachtungen über den Einfluß der Aussaatzeit sowie vor allem über das Ausbleiben der Weißährigkeit bei erhöhtem Wassergehalt des Bodens lassen sich mit dem hier angegebenen Erklärungsversuch ungezwungen in Einklang bringen.

VIII. Schrifttum

1 Christiansen-Weniger, F. Grundlagen des türkischen Ackerbaus. Leipzig, 1934.

2 Elfving, F. Über eine Beziehung zwischen Licht und Etiolin Arb. Würzburg, II, 1880.

3 Gaßner, G. Über einen Fall von Weißblättrigkeit durch Kältewirkung. Ber. Deutsche Botanische Gesellschaft, **33**, 1915, S. 478—486.

4 Gaßner, G. Ayni Bugday bazagi içinde *Tilletia tritici* ve *Tilletia foetens* sporlarinin birlikte zukuru hakkinda bazi etüdler. Ankara 1938.

5 Gaßner, G. Über Auftreten und Verbreitung von *Tilletia tritici* und *Tilletia foetens* in der Türkei. Phytopathologische Zeitschrift, **XI**, 1938.

6 Gaßner, G. Bugday danelerinde mevzii *Tilletia foetens* enfeksionen ve sürmelikör-danelerin tesekkülü. Ankara 1938.

7 Gaßner, G. Über Partialinfektion von Weizenkörnern durch Tilletia und Entstehung der Steinbrandbutten. Phytopathologische Zeitschrift, **XI**, 1938.

8 Gaßner, G. und Christiansen-Weniger, F. Dendroklimatologische Untersuchungen über die Jahresringentwicklung der Kiefern in Anatolien. Nova Acta Leopoldina, N. F., **12**, 1942, S. 1—137.

9 Hiltner, E. Klima und Witterung als Ursachen nichtparasitärer Pflanzenkrankheiten. Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten, VI. Aufl, 1933, S. 318—474.

10 Merkenschlager, F. Pflanzenernährung und Pflanzenkrankheiten. Sorauers Handbuch der Pflanzenkrankheiten, VI. Aufl., 1933, S. 199—318.

11 Pfeil, E. Ungünstige Bodenverhältnisse als Ursache für Pflanzenkrankheiten. Sorauers Handbuch für Pflanzenkrankheiten, VI. Aufl., 1933, S. 80—167.

12 Rademacher, B. Die Weißährigkeit des Hafers, ihre verschiedenen Ursachen und Formen. Wiss. Arch. f. Landw., A., **8**, 1932, S. 456—526.

13 Sachs, J. Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur. Jahrb. für wissenschaftliche Botanik, **2**, 1860. Ges. Abhandlungen, I, Leipzig, 1892, S. 49—83.

14 Sachs, J. Über den Einfluß der Temperatur auf das Ergrüuen der Blätter. Flora, 1864. Ges. Abhandlungen, I, Leipzig 1892, S. 137—144.

15 Sorauer, P. Über Frostbeschädigungen am Getreide und damit in Verbindung stehende Pilzkrankheiten. Landw. Jahrbücher, **32**, 1903, S. 1.

16 Sorauer, P. Altes und Neues über die mechanischen Frostbeschädigungen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, **24**, 1914, S. 65.

17 Weidlich. Gartenflora, **53**, 1904, S. 586.

Botanisches Institut der Universität Münster (Westfalen)
und Biologische Reichsanstalt Berlin-Dahlem

Über den Wuchsstoffgehalt abbaukranker Kartoffelknollen

Von **Hans Söding, Erich Köhler** und **Hildegard Funke**

Mit 7 Abbildungen

A. Einleitung und Vorbemerkungen

Die vorliegende Arbeit ist eine Fortsetzung unserer letzten Untersuchung über den Wuchsstoffhaushalt abbaukranker Kartoffeln (S. u. F. 1941). Wir waren darin zu dem Ergebnis gekommen, daß das Kraut abbaukranker Kartoffeln einen verringerten Wuchsstoffgehalt, eine verminderte Plastizität, wenigstens bei blattrollkranken Pflanzen, und ein geringeres Reaktionsvermögen gegenüber dem Wuchsstoff aufwiese. Bereits Jahnel (1939) und Lucas (1939) waren hinsichtlich des Wuchsstoffgehaltes und des Reaktionsvermögens der kranken Pflanzen zu dem gleichen Ergebnis gelangt. Eine sichere Diagnose von Einzelpflanzen war jedoch auf diesem Wege nicht möglich, da die Streuung von Pflanze zu Pflanze zu groß war. Ein kleineres Sortiment von Pflanzen ließ sich dagegen beurteilen, wenn einwandfreies Vergleichsmaterial zur Verfügung stand.

Wir prüften nun die Frage, ob es möglich sei, an den Knollen zu einer Diagnose von Einzelindividuen zu gelangen. Eine einwandfreie Methode zur Beurteilung des Reaktionsvermögens der Knollen auf Wuchsstoff zu finden, gelang uns leider nicht. Die Plastizität der Knollen prüften wir an herausgeschnittenen Streifen, die erst einen Tag in 0,25 mol. Rohrzuckerlösung gelegt und dann in waagerechter Lage am einen Ende in eine Haltevorrichtung eingespannt und am freien Ende belastet wurden. Nach Abnahme der Belastung wurde die bleibende Verbiegung gemessen und so die Plastizität der Streifen bestimmt. Obwohl, wie die Beobachtungen während zweier Winter zeigten, mitunter, namentlich im Herbst, an kranken Knollen eine verringerte Plastizität festgestellt wurde, waren die Ausnahmen von dieser vermutlich vorhandenen Regel doch so zahlreich, daß wir diese Untersuchung schließlich als aussichtslos abbrachen. Es blieb uns daher noch die Untersuchung der Knollen auf ihren Wuchsstoffgehalt.

Seitdem Jahnel (1937) den verminderten Wuchsstoffgehalt abbaukranker Knollen zuerst beobachtet hatte, ist dieser Befund wiederholt bestätigt worden. Wir kamen in unserer letzten Arbeit (1941) zu dem Schluß, daß bei Anwendung des von Funke (1939) ausgearbeiteten Koleoptilentestes mindestens in vielen Fällen sogar die Diagnose von Einzelknollen an Hand ihres Wuchsstoffgehaltes möglich sei. Diese Angabe sollte nun an einem größeren Material nachgeprüft werden. Weiter sollten dabei möglichst Beobachtungen gesammelt werden, ob die verschiedenen Abbauviren in gleichem Maße den Wuchsstoffgehalt der Knollen beeinträchtigen.

In diesem Zusammenhange mag, einer späteren ausführlichen Veröffentlichung vorgreifend, erwähnt werden, daß der in den Kartoffelknollen vorkommende „Wuchsstoff" nicht einheitlicher Natur ist. Es sind vielmehr zwei Wuchsstoffe vorhanden, von denen der erste, „aktive", vielleicht mit Auxin a identische, empfindlich gegen die Oxydation mit Wasserstoffsuperoxyd, säurefest, aber gegen Lauge (geprüft wurde das Verhalten gegenüber Ammoniumhydroxyd) empfindlich ist. Der zweite, vielleicht mit dem bisher an Gramineen beobachteten sog. inaktiven Wuchsstoff der Literatur identische verhält sich in all diesen Punkten gerade umgekehrt. Im gewöhnlichen Hafertest ist dieser zweite Wuchsstoff anscheinend überhaupt nicht nachweisbar, während der erste, wenn er in der üblichen Weise aus Kartoffeln in Agar aufgefangen wird, infolge seiner niedrigen Konzentration in diesem Test meist nur recht geringe Krümmungen liefert. Der Koleoptilentest von Funke, der ohnehin bereits empfindlicher ist, faßt dagegen beide Wuchsstoffe, liefert daher größere Krümmungen und ist so geeignet für die Untersuchung von Kartoffeln. Weiter besitzt die Kartoffelknolle noch einen oder vielleicht zwei Hemmstoffe, von denen möglicherweise der eine mit dem inaktiven Wuchsstoff identisch ist, von der Pflanze also vielleicht in aktiven Wuchsstoff umgewandelt werden kann. Allen folgenden Angaben über den „Wuchsstoffgehalt" der Knollen, besonders den geringeren Wuchsstoffgehalt der kranken Pflanzen, ist der Ausfall des Koleoptilentestes zugrunde gelegt; sie beziehen sich also auf die Summe der beiden Wuchsstoffe. Aus den Untersuchungen von Jahnel (1937 und 1939) und Lucas (1939), die mit dem gewöhnlichen Tageslichthafertest gearbeitet haben, geht aber hervor, daß die kranken Knollen auch einen geringeren Gehalt an aktivem Wuchsstoff aufweisen. Vermutlich ist also der Gehalt an beiden Wuchsstoffen bei den kranken Knollen verringert, während das Mengenverhältnis der beiden Stoffe untereinander vielleicht nicht wesentlich verschoben ist. Über das Verhalten des Hemmstoffes bei kranken Knollen ist dagegen noch nichts bekannt. Die Annahme, daß der geringere Wuchsstoffgehalt von kranken Knollen lediglich durch eine vermehrte Menge von Hemmstoff vorgetäuscht würde, ist zwar nicht völlig ausgeschlossen, aber wohl unwahrscheinlich.

B. Vergleichende Untersuchung verschiedener Knollenherkünfte auf Wuchsstoff.

Methodik. Bei unseren Untersuchungen über den Wuchsstoffgehalt der abbaukranken Knollen gingen wir nun in der Weise vor, daß die zu prüfenden Knollen halbiert wurden. Die eine Hälfte jeder Knolle wurde dann mit Hilfe des Koleoptilentestes (fast stets in der etwas weniger empfindlichen Ausführung ohne Vorverdunklung der Testpflanzen) von Funke in Dresden auf ihren Wuchsstoffgehalt untersucht. Die Einzelheiten der Methodik sind in unserer letzten Arbeit (S. u. F. 1939) sowie derjenigen von Funke (1939) zu finden. Köhler prüfte dann die andere Knollenhälfte in der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem auf Virusbefall, wobei zur Ermittlung latenter Viren auch Übertragungsversuche auf Tabak vorgenommen wurden. So war ein ziemlich genauer Vergleich zwischen Wuchsstoffgehalt und Virusbefall derselben Knolle möglich. Andererseits sind infolge des dadurch notwendigen Transportes von Dresden nach Dahlem während des Winters manche Halbknollen zugrunde gegangen, so daß die Anzahl der brauchbaren Versuche herabgesetzt wurde.

I. Herkunftsuntersuchungen des Winters 1940/41.

Parnassia. Wir prüften die Herkünfte Eichhof I, Dahlem II sowie Knollen aus Luga-Quoos (Lausitz). Die Ergebnisse zeigt die Abbildung 1. Hier und im folgenden ist stets zu beachten, daß die Empfindlichkeit der Wuchsstoffteste Schwankungen unterworfen ist, so daß z. B. bei Versuch IV alle Wuchsstoffwerte nur etwa halb so groß sind wie bei dem vorhergehenden Versuch III. Untereinander sind daher nur die Knollen vergleichbar, die im selben Versuch, also gleichzeitig, geprüft worden sind.

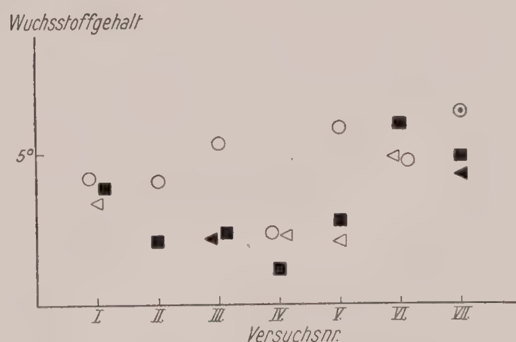


Abb. 1
Wuchsstoffwerte von Parnassiaknollen verschiedener Herkünfte.
Kreise: Eichhof I; Vierecke: Dahlem II; Dreiecke: Luga-Quoos.
Gesunde Knollen sind hier und im folgenden durch helle, schwer kranke durch dunkle Figuren gekennzeichnet. Ein Punkt innerhalb einer hellen Figur deutet Befall mit x-Virus an.

Man erkennt, daß die ausnahmslos an Blattroll erkrankten Dahlemer Knollen meist deutlich weniger Wuchsstoff enthalten als die gesunden von Eichhof. In Versuch I ist der Unterschied allerdings gering, in Versuch VI hat sogar die kranke Dahlemer Knolle mehr Wuchsstoff. Die Lugaer Knollen sind

meist gesund; die beiden Knollen von Versuch III und VII enthielten Blattrollvirus. Die Wuchsstoffwerte dieser beiden Knollen liegen dicht neben den beiden kranken Dahlemer Vergleichsknollen, während die der gesunden Lugaer Knollen meist neben denen der gesunden Eichhofer Herkunft liegen. Bei Versuch V allerdings ist der Wuchsstoffwert der nach der Virusanalyse gesunden Knolle zu gering; er entspricht dem einer kranken Kartoffel.

Im ganzen ergibt sich also, daß von 20 Wuchsstoffwerten 17 mit der Virusanalyse übereinstimmen, während 2 Werte (Dahlem Nr. I u. VI) zu hoch liegen und 1 Wert (Luga Nr. V) zu tief.

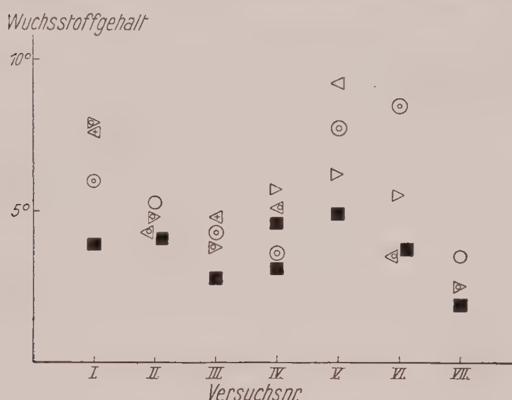


Abb. 2

Frühgold, Wuchsstoffwerte verschiedener Herkünfte. (Vergl. Beschriftung von Abb. 1.)
◁: Luga-Quoos; ▷: Lübeck I.
Kleine Kreise innerhalb heller Figuren deuten A-Virus an, die kleinen Kreuze bei Versuch I schwaches Kräusel, bei Versuch III leichtes Mosaik.

Im Durchschnitt der Versuche beträgt der Wuchsstoffgehalt der Knollen von Eichhof I 4,7°; der von Dahlem II 3,3° und der von Luga-Quoos 3,2°. Auch hieraus geht klar hervor, daß die Lugaer Herkunft nicht einwandfrei ist.

Frühgold, (Abb. 2). Die Eichhofer Herkunft war zum kleineren Teil gesund, meist aber von A-Virus befallen, während die Dahlemer Knolle in Versuch I schweres Kräusel, die übrigen Knollen Rollkräusel[1]) aufwiesen. Bis auf eine Ausnahme in Versuch IV liegen die Werte dieser Knollen unter denen von Eichhof I, und zwar meist erheblich. Das A-Virus scheint den Wuchsstoffgehalt der Eichhofer Knollen demnach nicht allzusehr herabzusetzen. Von den Lugaer Knollen war nur eine völlig gesund, die übrigen besaßen A-Virus oder leichtes Mosaik. Lübeck I war dreimal gesund, viermal A-krank. Die Wuchsstoffwerte dieser beiden Herkünfte konnten im Extrem über denen von Eichhof I und bei denen von Dahlem II liegen.

Alle 6 gesunden Knollen von Abb. 2 haben nun ausnahmslos mehr Wuchsstoff als die gleichzeitig untersuchten schwerkranken Dahlemer Knollen. Die von A-Virus befallenen Knollen verhalten sich im Durchschnitt der Versuche teils wie gesunde, teils wie schwer kranke Kartoffeln, während die beiden an schwachem Kräusel bezw. leichtem Mosaik er-

[1]) Der Zusatz „Roll" läßt die Mitbeteiligung von Blattrollvirus offen.

krankten Knollen im Versuch I bezw. III im Wuchsstoffgehalt offensichtlich gesunden Pflanzen entsprechen.

Im Mittel aller Versuche ist der durchschnittliche Wuchsstoffgehalt der drei mehr oder minder A-kranken Herkünfte Eichhof I, Luga-Quoos und Lübeck I fast gleich (5,5° bezw. 5,7° bezw. 5,2°), während die schwer kranke Dahlemer Herkunft deutlich weniger Wuchsstoff (3,6°) besitzt.

Stärkereiche (Abb. 3). Die Werte der gesunden Herkunft Eichhof I liegen mit Ausnahme von Versuch I weit oder doch deutlich über denen der stets schwer kranken Dahlemer Herkunft (Blattroll oder Rollkräusel), während sich die einzige x-kranke Eichhofer Knolle dem Wert der Dahlemer Vergleichsknolle nähert. Die Knollen von Lübeck I sind teils gesund und haben dann ziemlich hohe Wuchsstoffwerte, teils krank (Nr. I: Rollkräusel; Nr. II: leichtes Mosaik bzw. Mosaik; Nr. V: Blattroll) und haben dann nur etwa ebensoviel oder selbst weniger Wuchsstoff wie die entsprechenden Knollen von Dahlem II. Aschersleben II dagegen, wo die Virusanalyse keinen Befall nachweisen konnte, verhält sich den Wuchsstoffwerten nach, die stets bei oder selbst unter denen von Dahlem II liegen, wie eine schwerkranke Herkunft.

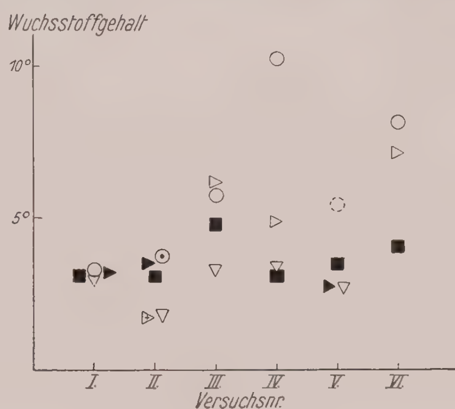


Abb. 3
Stärkereiche,
Wuchsstoffwerte verschiedener Herkünfte.
(Vergl. Beschriftung von Abb. 1 und 2.)
▽: Aschersleben II.
Unterbrochener Kreis: die zweifellos gesunde Eichhofer Knolle konnte nicht auf Virusgehalt geprüft werden. Kreuzchen bei Versuch II: leichtes Mosaik.

Sieht man zunächst von Aschersleben ab, so herrscht mit Ausnahme der einen Eichhofer Knolle in Versuch I bei allen übrigen Einzelknollen Übereinstimmung zwischen Wuchsstoffgehalt und Virusbefall.

Das Verhalten von Aschersleben II können wir nicht mit Sicherheit erklären. Da es aber wenig wahrscheinlich ist, daß zwei Jahre lang in Aschersleben ausgepflanzte Knollen gesund geblieben sind, kann man wohl vermuten, daß bei diesen Knollen noch ein verstecktes, mit dem Saft nicht übertragbares Virus mit im Spiele war, das sich dem Tabaktest entzogen hat, während es sich im Wuchsstofftest verrät.

Die Mittelwerte für den Wuchsstoff betragen bei den Herkünften Eichhof I, Lübeck I, Aschersleben II und Dahlem II 6,1°; 4,2°; 2,8° und 3,6° und zeigen klar, daß die drei letztgenannten Herkünfte nicht einwandfrei sind.

II. Herkunftsuntersuchungen des Winters 1941/42.

Ackersegen. Wir prüften die beiden Herkünfte Aschersleben II und Marienfelde I je für sich und untersuchten stets gleichzeitig dazu als gesunde und kranke Kontrolle Eichhof I und Dahlem II.

Aschersleben II (Abb. 4). Die Vergleichsknollen von Eichhof I waren bis auf eine blattrollkranke (in Versuch VIII) stets gesund, die von Dahlem II sämtlich vom Blattrollvirus befallen, viele außerdem noch vom K-Virus. Von den Ascherslebener Knollen besaß die schwerkranke vom Versuch VII vielleicht das y-Virus in Verbindung mit Blattroll; die

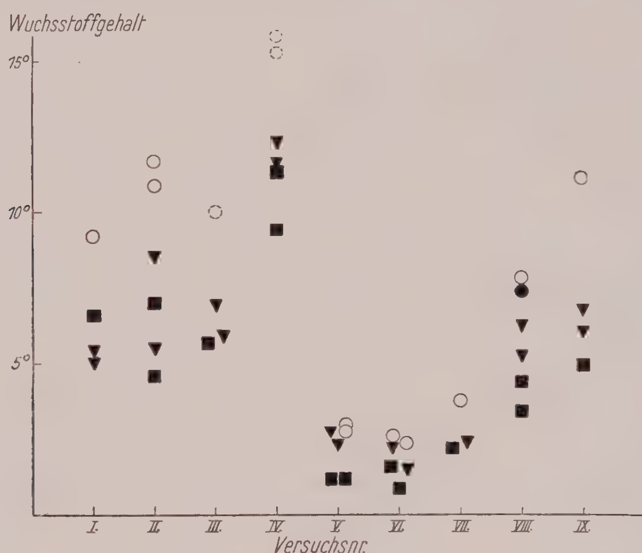


Abb. 4
Ackersegen, Wuchsstoffwerte von Eichhof I (Kreise), Dahlem II (Vierecke) und Aschersleben II (Dreiecke). (Vergl. Beschriftung Abb. 1 und 3.)

übrigen trugen sämtlich das Blattrollvirus, wozu sich teilweise noch K- und gelegentlich y-Virus gesellte. Dahlem II und Aschersleben II bestanden also aus lauter stark kranken Knollen.

Ein Blick auf Abb. 4 zeigt, daß bei 6 Versuchen eine mittlere bis hohe Empfindlichkeit des Testes herrschte, bei 3 Versuchen dagegen nur eine recht geringe. (Einige Versuche mit noch geringerer Empfindlichkeit des Testes sind, da nicht mehr zu bewerten, hier übergangen.) Bei höherer Empfindlichkeit des Testes ergibt sich fast immer ein deutlich geringerer Wuchsstoffgehalt der kranken Knollen; die eine blattrollkranke Eichhofer Knolle, die der anderen gesunden Schwesterknolle von Eichhof sehr nahe kommt (nur Teilinfektion?), bildet die einzige Ausnahme von dieser Regel. Auch bei Versuch VII mit niedriger Empfindlichkeit ist der Unterschied im Wuchsstoffgehalt von gesund und krank sehr deutlich. In den beiden

anderen Versuchen V und VI erreichen dagegen je ein oder zwei kranke Aschersleben Knollen mehr oder minder vollständig die Wuchsstoffwerte der gesunden Eichhofer Kontrollen, während die ebenfalls schwer kranken Dahlemer Knollen wieder deutlich weniger Wuchsstoff enthalten.

In den 6 Versuchen mit hoher Empfindlichkeit gibt der Wuchsstoffwert also bis auf eine Ausnahme stets, in den 3 Versuchen mit geringer Empfindlichkeit meist (in 12 von 15 Fällen) ein zutreffendes Bild vom Gesundheitszustand der Knollen.

Marienfelde I. (Abb. 5). Die Eichhofer Vergleichsknollen waren stets gesund, die Dahlemer bis auf eine gesunde vom Blattrollvirus, mitunter zugleich auch vom K-Virus und einmal vielleicht vom K-Virus allein (Versuch IV; 3,2°) infiziert. Von den Marienfelder Knollen waren zwei gesund und fünf blattrollkrank.

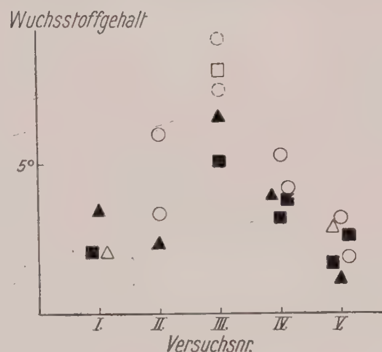


Abb. 5
Ackersegen,
Wuchsstoffwerte von Eichhof I,
Dahlem II und Marienfelde I
(Dreiecke.)

Wie Abb. 5 lehrt, ist hier nur bei zwei von fünf Versuchen ein deutlicher, durchgehender Unterschied im Wuchsstoffgehalt von gesund und krank. Bei den übrigen Versuchen IV, V und vor allem I mit meist geringerer Empfindlichkeit des Testes verwischen sich diese Unterschiede mehr und mehr. Im Mittel ergibt sich zwar für die kranken Knollen ein deutlich geringerer Wuchsstoffgehalt als für die gesunden, und auch manche Einzelknollen, wie z. B. die einzige gesunde Dahlemer Knolle in Versuch III u. a. m., lassen sich an Hand des Wuchsstoffgehaltes richtig beurteilen, doch würde das für einige Knollen der Versuche I, IV und V nicht möglich sein. Wie weit hier dieses Versagen durch geringere Empfindlichkeit des Testes verursacht worden ist, möge dahingestellt bleiben.

Parnassia. Auch hier wurden dieselben Versuche wie mit Ackersegen angestellt.

Aschersleben II (Abb. 6). Von den „gesunden" Eichhofer Vergleichsknollen enthielten zwei das x-Virus und eine (in Versuch V) das Blattrollvirus, während die kranken Dahlemer Knollen sämtlich Blattrollvirus, zweimal auch in Verbindung mit dem K-Virus, aufwiesen. Die Ascherslebener Knollen waren ebenfalls sämtlich krank. Eine Knolle führte nur das x-Virus, die übrigen sämtlich Blattrollvirus, gelegentlich in Verbindung mit x-, einmal (Versuch I; 4,1°) auch mit y-Virus.

Vergleicht man zunächst nur den Wuchsstoffgehalt der Knollen von Eichhof I und Dahlem II, so haben die Eichhofer Knollen (mit Ausnahme der einen blattrollkranken) mehr und meist deutlich mehr Wuchsstoff als

die schwerkranken von Dahlem. Nur in Versuch II erreicht die wuchsstoffreichste Dahlemer Knolle die wuchsstoffärmste von Eichhof. In drei weiteren Versuchen (III, IV und VI) ist der entsprechende Unterschied zwar gering, jedoch vorhanden; in allen übrigen Fällen ist er dagegen deutlich. Besonders groß ist der Abstand naturgemäß zwischen der wuchsstoffreichsten Eichhofer und der wuchsstoffärmsten Dahlemer Knolle; das Wuchsstoffverhältnis beträgt hier etwa 2:1 im Mittel der acht Versuche. Wollte man hier an Hand der Wuchsstoffwerte die Knollen beurteilen, so würde man sich in vier Fällen (je zwei in Versuch II und III) eines Urteils enthalten, eine gesunde Knolle (in Versuch IV) für krank und eine kranke (in Versuch VI) für gesund halten, zweimal das x-Virus übersehen, die übrigen 20 Knollen jedoch zutreffend bewerten.

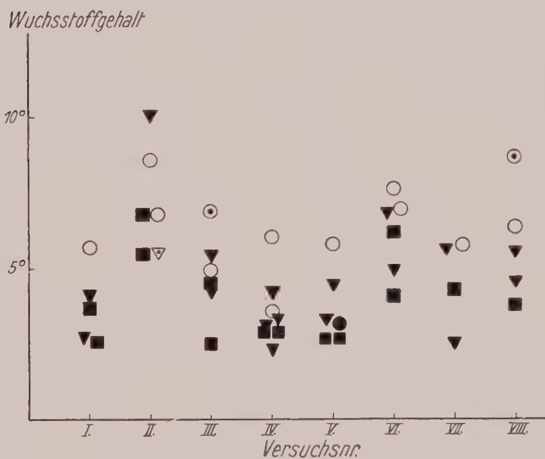


Abb. 6
Parnassia, Wuchsstoffwerte von Eichhof I, Dahlem II und Aschersleben II.
Punkte innerhalb einer hellen Figur: x-Virus.

Ein ganz anderes Bild bietet dagegen die Herkunft Aschersleben II. Obwohl die Knollen ausnahmslos krank sind, liegen die Wuchsstoffwerte doch meist zwischen denen von Eichhof und Dahlem, gelegentlich auch oberhalb der Eichhofer und unterhalb der Dahlemer Werte. Beim Versuch einer Knollenbewertung an Hand des Wuchsstoffes würde man etwa in zehn Fällen das richtige treffen, vier Fehler begehen und die restlichen vier Knollen nicht beurteilen.

Marienfelde I (Abb. 7). Von den Eichhofer Vergleichsknollen waren zwei mit x-Virus behaftet, die übrigen gesund. Dahlem führte, von einer y (+ K?)-kranken Knolle (Versuch III; 1,3°) abgesehen, stets das Blattrollvirus, wozu gelegentlich noch das x-Virus, ein- bis zweimal das K-Virus traten. Auch bei Marienfelde war das Blattrollvirus, öfters in Verbindung mit x-Virus, in fast allen Knollen vorhanden. Nur eine Knolle enthielt nur das x-Virus, eine weitere (Versuch II; 1,6°) y (+ Blattroll?).

Bei einem Vergleich der Wuchsstoffwerte von Eichhof I und Dahlem II fällt zunächst auf, daß die kranken Dahlemer Knollen zwar in vielen, aber keineswegs in allen Versuchen deutlich weniger Wuchsstoff haben als die gesunden von Eichhof. Deutlich ausgeprägt ist das Wuchsstoffdefizit der kranken Knollen in den Versuchen I, III, V, VIII, IX (eine Knolle)

und X, während in den übrigen Versuchen der Unterschied in den Wuchsstoffwerten ziemlich gering ist, obwohl auch hier im Durchschnitt die kranken etwas weniger Wuchsstoff haben. Bei einer Knollenbeurteilung nach dem Wuchsstoff würde man daher über eine ganze Reihe von Knollen überhaupt kaum eine Aussage machen können (vgl. z. Beispiel die Versuche II und VII). Falsch beurteilen würde man zwei kranke Knollen (in den Versuchen IV und IX) und eine gesunde (in Versuch VI). Die überwiegende Anzahl der Knollen, etwa 25, würde dagegen richtig diagnostiziert werden, wobei auch die beiden mit dem x-Virus behafteten Eichhofer Knollen als krank erkannt würden.

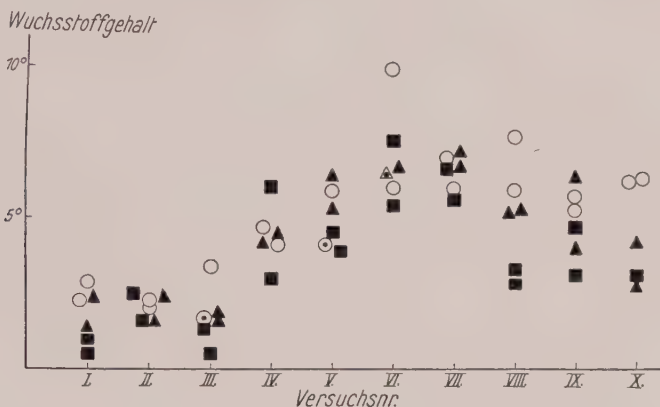


Abb. 7
Parnassia, Wuchsstoffwerte von Eichhof I, Dahlem II und Marienfelde I.

Der Wuchsstoffgehalt der Knollen von Marienfelde I liegt im Durchschnitt zwischen dem der beiden Vergleichsherkünfte Eichhof I und Dahlem II, obwohl alle Marienfelder Knollen krank sind. Eine Knollenanalyse an Hand des Wuchsstoffes erweist sich als unmöglich. Etwa 7 Knollen lassen sich nach dem Wuchsstoff überhaupt nicht sicher beurteilen, und bei den restlichen Knollen wäre, wie die Abb. 7 lehrt, die Analyse etwa achtmal richtig und fünfmal falsch.

C. Besprechung

I. Ist eine Knollendiagnose an Hand des Wuchsstoffgehaltes möglich?

Eine zusammenfassende Betrachtung der Herkunftsuntersuchungen des Winters 1941/42 ergibt, daß die schwer kranken Dahlemer Knollen im allgemeinen nach ihrem Wuchsstoffgehalt richtig beurteilt werden können. Nur etwa 4 kranke Knollen würde man irrtümlich für gesund ansehen (vergl. Abb. 5, Versuch V, Abb. 6, Versuch VI, und Abb. 7, Versuch IV und IX), die übrigen, wenn überhaupt, so auch richtig beurteilen. Diese Fehldiagnosen beruhen vielleicht auf der unvermeidlichen Streuung der Wuchsstoffwerte im Test, vielleicht auch auf einer ungleichmäßigen

Verteilung des Virus in der Knolle. Sie würden vermutlich noch wesentlich seltener werden, wenn man von jeder Knolle zwei Wuchsstoffanalysen machte. Hat man zuverlässig gesunde Vergleichsknollen zur Verfügung, so erscheint es also als möglich, derartig schwer krankes Material an Hand der Wuchsstoffwerte mit großer Wahrscheinlichkeit Knolle für Knolle richtig zu beurteilen (vergl. den hohen Wuchsstoffwert der einzigen gesunden Dahlemer Knolle in Abb. 5, Versuch III!). — Zu einem ähnlichen Ergebnis für schwer kranke Dahlemer Knollen kommt man übrigens auch bei Betrachtung der Versuche des vorhergehenden Jahres.

Für die gesunden Eichhofer Knollen (von den x-kranken möge zunächst abgesehen werden) kommt man ebenfalls zu dem Schluß, daß eine Beurteilung an Hand der Wuchsstoffwerte meist möglich ist. In den Versuchen 1941/42 wären hier bei einer Wuchsstoffanalyse 5 Fehldiagnosen unterlaufen (vergl. Abb. 5, Versuch II, IV und V; Abb. 6, Versuch IV und Abb. 7, Versuch VI). Bei einer Doppelanalyse jeder Knolle würden vermutlich auch hier die Fehler sehr stark zurückgehen, so daß auch die Beurteilung völlig gesunder Knollen bei Besitz von einwandfreiem Vergleichsmaterial in der Regel als möglich erscheint. — Denselben Eindruck hat man übrigens auch aus den meisten Versuchen des vorhergehenden Jahres (bei Außerachtlassen der verdächtigen Ascherslebener Herkunft von Stärkereiche).

Anders liegt der Fall dagegen bei den beiden Herkünften Aschersleben II und Marienfelde I. Während in Wirklichkeit hier alle Knollen bis auf zwei von Ackersegen, Marienfelde, krank sind, würde man nach dem Wuchsstoffgehalt ein Drittel bis ein Viertel aller überhaupt zu beurteilenden Knollen für gesund halten. Man würde also zwar wohl feststellen, daß es sich um schwer krankes, minderwertiges Material handelt, aber doch die beinahe vollständige Durchseuchung nicht erkennen.

Den mittleren Wuchsstoffgehalt der untersuchten Herkünfte zeigt die folgende Tabelle 1. Zu diesen Werten sind auch noch einige weitere bisher nicht angeführte Versuche mit herangezogen worden, bei denen

Tabelle 1

Mittlerer Wuchsstoffgehalt der untersuchten Herkünfte

Versuche	Erhaltene Krümmungsgrade				Prozentwerte			
	Eichhof I	Dahlem II	Aschersleben II	Marienfelde I	Eichhof I	Dahlem II	Aschersleben II	Marienfelde I
Ackersegen, Aschersleben . .	7,5	4,3	5,3	—	100	57 }59	70	—
Ackersegen, Marienfelde . .	4,1	2,5	—	3,8	100	60	—	94
Parnassia, Aschersleben . . .	6,4	3,9	4,8	—	100	62 }69	75	—
Parnassia, Marienfelde . . .	4,7	3,6	—	4,2	100	76	—	90

Jede Zahl entspricht einem Durchschnittswert von 15—22 Knollen.

die Virusanalyse infolge Absterbens der betreffenden Halbknollen nicht möglich war oder keinen zweifelsfreien Befund ergeben hatte.

Im Mittel haben die schwer kranken Dahlemer Herkünfte bei Ackersegen nur etwa 60 %, bei Parnassia etwa 70 % des Wuchsstoffgehaltes der gesunden Eichhofer Knollen[1]). Es leuchtet daher ein, daß bei ihnen vielfach, wenn auch nicht immer, eine Diagnose der Einzelknollen möglich ist. Ähnlich ist es auch noch bei der Herkunft Ackersegen, Aschersleben II, mit 70 % des normalen Wuchsstoffgehaltes. Bei einer Wuchsstoffdiagnose würden hier auch einige Fehler unterlaufen (vergl. Abb. 4, Versuch V und VI). Steigen die Wuchsstoffwerte der kranken Pflanzen aber noch weiter, so wird eine Wuchsstoffanalyse des Gesundheitszustandes der Knollen immer schwieriger und schließlich ganz unmöglich. Auch eine Doppelanalyse jeder Knolle würde vermutlich in solchen Fällen nicht mehr allzuviel helfen, wo, wie z. B. bei Marienfelde I, der Wuchsstoffgehalt kranker Knollen auf 90 % und mehr dessen der gesunden steigt. Hier muß eine Wuchsstoffdiagnose der Knollen versagen.

II. Wie wirken die verschiedenen Abbauviren auf den Wuchsstoffgehalt der Knollen?

Die Reihenfolge im Wuchsstoffgehalt der Herkünfte ist Eichhof I, Marienfelde I, Aschersleben II und Dahlem II; in Prozent betragen die Wuchsstoffwerte 100, 92, 72 und 64. Diese Reihenfolge, in der die am stärksten abbauenden Lagen den geringsten Wuchsstoffgehalt aufweisen, läßt vermuten, daß die Unterschiede zwischen den kranken Herkünften hier nicht auf Boden oder Klima[2]) zurückgehen, jedenfalls nicht in erster Linie, sondern den verschieden weit vorgeschrittenen Grad der Viruserkrankung widerspiegeln. Nun waren die kranken Knollen zum überwiegenden Teil, mit Ausnahme vereinzelter nur x-kranker oder nicht zweifelsfrei zu beurteilender Kartoffeln, vom Blattrollvirus, vielfach auch in Verbindung mit anderen Viren, befallen. Bei allen kranken Herkünften spielte das Blattroll jedenfalls die überragende Rolle. Wir schließen daher, daß bei blattrollkranken Kartoffeln der Wuchsstoffgehalt der Knollen erst allmählich und mit fortschreitender Dauer und Auswirkung der Krankheit immer stärker zurückgeht. So wird es verständlich, daß der Knollenwuchsstoff von Pflanzen, die erst eine Vegetationsperiode in einer nicht allzu stark abbauenden Lage gewachsen sind, noch etwa 90 % des Normal-

[1]) Einige x-kranke Parnassiaknollen von Eichhof sind, da bei ihnen keine Verminderung des Wuchsstoffgehaltes beobachtet werden konnte, hierbei mitgezählt worden.

[2]) Von dem möglichen Einfluß von „Vorleben“ und Herkunft der Knolle auf ihren Wuchsstoffgehalt soll in dieser Arbeit abgesehen werden. Nach unseren früheren Beobachtungen (1941) ist ein solcher Einfluß zwar nicht ausgeschlossen, doch dürfte er nach den bisher vorliegenden Erfahrungen in der Mehrzahl der Fälle nicht allzu wesentlich sein.

wertes beträgt, während er nach zwei Vegetationsperioden in Dahlem auf 64 % gesunken ist.

Es liegt nahe, zu vermuten, daß die starke Wuchsstoffverminderung der Dahlemer Knollen wenigstens teilweise auch auf das Hinzukommen anderer Viren zurückgeht, die hier ja festgestellt wurden, zumal Mischinfektionen fast immer starke Wuchsdepressionen hervorrufen und auch wir bei einer Mischinfektion von x- und A-Virus eine besonders starke Herabsetzung des Wuchsstoffgehaltes fanden (siehe S. 439). Diese Möglichkeit muß einstweilen offen bleiben; nach unseren bisherigen Beobachtungen an insgesamt 14 mischkranken Knollen wirkte allerdings eine Kombination von Blattroll- mit K- oder y-Virus nicht stärker als das Blattroll allein.

Übrigens geht auch aus den Versuchen des Winters 1940/41 mit Parnassia hervor, daß das Blattrollvirus den Wuchsstoffgehalt von Knollen in Dahlem nach zwei Sommern auf 70 % herabsetzt (siehe S. 429). Auch in unserer letzten Arbeit (S. u. F., 1941) haben wir bereits auf die starke Wirkung des Blattrolls hingewiesen.

Eine ähnliche Wirkung hatten wir damals auch für das Rollkräusel und das Kräuselmosaik angegeben. Im Winter 1940/41 trafen wir bei Frühgold wieder auf rollkräuselkranke Knollen, die ebenfalls einen stark herabgesetzten Wuchsstoffgehalt besaßen (siehe S. 430). Es muß dahingestellt bleiben, ob und inwieweit dem „Rollkräusel“ etwa Blattroll beigesellt und an der Wirkung beteiligt gewesen sein kann. Jedenfalls scheinen aber die schweren Mosaikviren ähnlich wie das Blattroll den Wuchsstoffgehalt der Knollen stark oder doch jedenfalls deutlich zu verringern.

Anders verhalten sich dagegen, wenigstens vielfach, die schwächeren Viren aus der Mosaikgruppe. Das A-Virus trat bei Frühgold 1940/41 häufig auf (siehe S. 430, und Abb. 2). Der Wuchsstoffgehalt der A-kranken Knollen war im Mittel erheblich höher als der der rollkräuselkranken Vergleichsknollen, ohne allerdings die gesunden Kontrollen ganz zu erreichen. Das A-Virus besitzt also eine schwächere Wirkung, wenigstens bei Frühgold.

Bei Parnassia beobachteten wir gelegentlich das x-Virus (vergl. Abb. 6 und 7). Hierbei hatte bei Eichhof in zwei Fällen die x-kranke Knolle mehr, in zwei Fällen weniger Wuchsstoff als die gleichzeitig untersuchte völlig gesunde Schwesterknolle. Eine Wirkung des x-Virus ist nicht erkennbar. Eine blattroll- + x-kranke Knolle konnte in 7 Fällen mit einer nur blattrollkranken Schwesterknolle verglichen werden. Die Wuchsstoffwerte betrugen im Mittel 5,7° (x + Blattroll) und 5,1° (Blattroll allein). Das x-Virus setzt also bei **Parnassia** nach den bisher vorliegenden Beobachtungen den Wuchsstoffgehalt nicht oder jedenfalls nicht erheblich herab. — Es mag noch bemerkt werden, daß Parnassia auch in ihrem Wachstum durch das x-Virus kaum beeinträchtigt wird.

Anders ist es dagegen bei der empfindlichen Sorte Erdgold, wo wir eine nicht unerhebliche Wirkung des x- und auch des A-Virus feststellen konnten. Wir untersuchten Knollen, die in der Biologischen Reichsanstalt in Dahlem gezogen worden waren und verschiedene Stämme von x-Virus, A-Virus und x + A enthielten (Tabelle 2).

Tabelle 2
Wuchsstoffgehalt von Erdgoldknollen

Versuch	Gesund	x_m	x_s	A	x + A
I	4,1°	2,0°	1,8°	2,5°	0,9°
II	4,8°	2,3°	2,9°	2,0°	1,9°
III	3,3°	2,0°	2,1°	1,6°	2,0°
IV	6,9°	6,3°	8,2°	5,1°	3,8°
V	9,0°	6,8°	7,0°	9,1°	8,2°
VI	8,5°	5,1°	—	2,1°	2,0°
Im Mittel	6,1°	4,1°	4,4°	3,7°	3,1°
In Prozenten	100	67	72	61	51

Man erkennt, daß die beiden x-Stämme den Wuchsstoffgehalt um schätzungsweise je 30 %, das A-Virus um 40 % und x- und A-Virus zusammen um 50 % herabgesetzt haben.

Mit diesen Ergebnissen möge ein Ertragsversuch verglichen werden, den wir Herrn Dr. Störmer, Dramburg, verdanken (Tabelle 3). x- und A-Virus, besonders aber ihre Kombination, haben zu einer teilweise erheblichen Ertragsminderung geführt.

Tabelle 3
Erträge von je 50 gesunden oder viruskranken Erdgoldstauden. 2. Nachbau, Dramburg 1938

	Gesund	x	A	x + A
Absolute Erträge, kg	62,5	50	50	20
In Prozent	100	80	80	32

Die einzelnen Kartoffelsorten verhalten sich den Viren gegenüber also offensichtlich wie im Wachstum, so auch im Wuchsstoffgehalt verschieden.

Im ganzen ergibt sich aus unseren Versuchen über den Zusammenhang von Virus und Wuchsstoffgehalt anscheinend folgendes, in großen Zügen jedenfalls richtiges, wenn auch noch nicht in allen Einzelheiten gesichertes[1]) Bild. Das Blattrollvirus setzt den Wuchsstoffgehalt anfangs

[1]) Da eine ursprünglich für ein weiteres Jahr vorgesehene Wiederholung unserer Versuche, besonders auch solcher mit künstlich infizierten Pflanzen, uns aus äußeren Gründen nicht mehr möglich ist, haben wir uns zu einer Veröffentlichung der bereits jetzt vorliegenden Ergebnisse entschlossen.

nur wenig, bei fortschreitender Krankheit aber immer mehr bis auf etwa 60 % des Normalwertes herab. Eine ähnliche Wuchsstoffverminderung können auch schwere Mosaikviren hervorrufen. A-Virus wirkt schwächer, x-Virus bei Parnassia gar nicht oder höchstens in geringem Grade. Bei der empfindlichen Sorte Erdgold setzen aber auch A- und x-Virus den Wuchsstoffgehalt deutlich herunter; besonders stark aber tut das eine Mischinfektion beider Viren. Man beobachtet also eine überraschend genaue, bis in die Einzelheiten gehende Übereinstimmung zwischen der Wirkung der Viren auf den Wuchsstoffgehalt und derjenigen auf das Wachstum und damit auf die Ertragsfähigkeit der Pflanzen. Unterstrichen wird diese Übereinstimmung noch dadurch, daß nach Lucas (1939) kranke Stauden, die bekanntlich im Frühjahr mitunter überkräftig austreiben und erst nachher mit dem Wachstum nachlassen, nicht sofort beim Treiben, sondern erst später ein Wuchsstoffdefizit erkennen lassen. Die Wirkung der Viren auf den Wuchsstoffgehalt ist daher anscheinend ein getreues Spiegelbild ihrer Wirkung auf das Wachstum. Bedenkt man, daß das Wachstum vom Wuchsstoff abhängt, die Wuchsstoffbildung aber jedenfalls wieder vom Wachstum reguliert wird, so leuchtet es leicht ein, daß beide in ganz derselben Weise von den Viren beeinflußt werden. Es mag noch erwähnt werden, daß nach Lucas (1939) sowie nach unseren letzten Ergebnissen (1941) auch die Reaktionsfähigkeit der Pflanze auf den Wuchsstoff, also das Wachstumsvermögen, durch die Viren herabgemindert wird [1].

Von diesen Ergebnissen aus möge noch einmal die Frage der Knollendiagnose an Hand des Wuchsstoffes betrachtet werden. Es ist dann leicht einzusehen, daß diese Methode bei schwer kranken Kartoffeln gut brauchbare Ergebnisse liefern kann, daß man dasselbe aber bei den Anfangsstadien der Erkrankung oder bei nur sehr schwach wirkenden oder gar latenten Viren nicht erwarten darf. Mittels der Wuchsstoffanalyse bestimmen wir nicht das Virus selbst, sondern die von ihm hervorgerufene Wachstumsschädigung, nicht den Erreger der Krankheit, sondern nur das „Befinden“ der Knolle.

D. Zusammenfassung

1. In vorläufiger Form wird mitgeteilt, daß in der Kartoffelknolle zwei verschiedene Wuchsstoffe vorhanden sind. Außerdem ist Hemmstoff anwesend.

---

[1]) In diesem Zusammenhange ist auch noch auf die neuen Untersuchungen von Maier und Mittmann-Maier (1942) zu verweisen, denen zufolge bei reisigkranken Reben aus den Triebspitzen im Durchschnitt nur etwa ein Drittel der normalen Wuchsstoffmenge in Agar aufzufangen ist. Auch der Wuchsstoffgehalt der überwiegenden Anzahl der Einzeltriebe ist geringer als bei gesunden Reben. Daß die Reisigkrankheit der Rebe ebenfalls eine Viruskrankheit ist, ist nicht unwahrscheinlich.

2. Einzelknollen gesunder und verschieden stark abgebauter Herkünfte wurden vergleichend auf den Gehalt an Wuchsstoffen und Virusbefall analysiert.
3. Schwer kranke Herkünfte besaßen oft nur etwa 60 % des Wuchsstoffgehaltes gesunder Knollen; in solchen Fällen ist meist eine Diagnose von Einzelknollen an Hand des Wuchsstoffgehaltes möglich.
4. Bei leichter krankem Material ist der Wuchsstoffgehalt weniger stark herabgesetzt; eine Wuchsstoffdiagnose von Einzelknollen ist dann meist nicht möglich, eine Abnahme des durchschnittlichen Wuchsstoffgehaltes dagegen erkennbar.
5. Das Blattrollvirus und anscheinend auch starke Mosaikviren setzen wenigstens im späteren Verlauf der Erkrankung den Wuchsstoffgehalt der Knollen erheblich herab. A- und besonders x-Virus scheinen dagegen nur schwächer zu wirken.
6. Die Kartoffelsorten scheinen sich gegenüber den einzelnen Viren nicht gleich zu verhalten. So konnten wir in allerdings erst wenigen Versuchen eine Verminderung des Wuchsstoffgehaltes durch das x-Virus wohl bei Erdgold, aber nicht bei Parnassia beobachten.
7. Die Wirkung der Abbauviren auf den Wuchsstoffgehalt der Knollen geht parallel mit derjenigen auf das Wachstum der Stauden.

Dem Herrn Reichsminister für Ernährung und Landwirtschaft danken wir für die Bereitstellung der zu dieser Arbeit erforderlichen Mittel.

Schrifttum

Funke, H., 1939. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, **88**, 373.
Jahnel, H., 1937. Phytopathologische Zeitschrift, **10**, 113.
Jahnel, H., 1939. Phytopathologische Zeitschrift, **12**, 312.
Lucas, H., 1939. Phytopathologische Zeitschrift, **12**, 334.
Maier, W. und Mittmann-Maier, G., 1942. Wein und Rebe (Mainz), **24**, 109.
Söding, H. und Funke, H., 1941. Phytopathologische Zeitschrift, **13**, 351.

Station fédérale d'essais viticoles, Lausanne
Directeur: Dr. H. Faes

Über zwei in der Schweiz bisher wenig bekannte Schüttepilze der Kiefern: *Hypodermella sulcigena* (Rostr.) v. Tub. und *Hypodermella conjuncta* Darker

Von

Ch.-A. Terrier

In seiner monographischen Bearbeitung der Schüttepilze der Koniferen erwähnt Darker (1932) vier Pilze aus der Familie der Hypodermataceen die in Europa das Vertrocknen und das vorzeitige Abfallen der Nadeln bei *Pinus*-Arten verursachen, nämlich: *Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chev., *Hypoderma Desmazierii* Duby (= *H. brachysporum* [Rostr.] v. Tub.), *Hypodermella sulcigena* (Rostr.) v. Tub. und *Hypodermella conjuncta* Darker. Von diesen vier Parasiten sind die zwei ersten in der Schweiz schon längst bekannt. *Lophodermium pinastri*, der Schüttepilz der gemeinen Kiefer, befällt die Nadeln aller bei uns vorkommenden *Pinus*-Arten und ist ungemein verbreitet und häufig. Seltener dagegen ist *Hypoderma Desmazierii*, der Schüttepilz der Weymouthskiefer, der hauptsächlich die mit fünfnadeligen Kurztrieben versehenen Kiefernspezies angreift. *Hypodermella sulcigena* und *Hypodermella conjuncta* wurden meines Wissens erst vor einigen Jahren zum erstenmal in der Schweiz beobachtet. Da sie sich zu gefährlichen Parasiten entwickeln können, möchte ich die Herren Förster auf diese Krankheitserreger aufmerksam machen und lasse nun deshalb eine kurze Beschreibung beider Schädlinge und ihrer Lebensweise folgen.

1. *Hypodermella sulcigena* (Rostr.) v. Tubeuf

Krankheitsbild

Einige Monate nach der Infektion, die hauptsächlich Ende Juni bis Mitte Juli stattfinden soll, verfärben sich die jungen Nadeln des Jahres, denn sie allein sind empfänglich und nehmen eine bleichgraue Farbe an. In diesem Stadium schon ist die Krankheit von derjenigen, die von *Lophodermium pinastri* verursacht wird, leicht zu unterscheiden. Die Verfärbung erstreckt sich gewöhnlich nicht auf die ganze Nadel, sondern ist auf deren distalen Teil beschränkt. Die durch die Scheide umgebene Nadelbasis bleibt meistens grün. Es kann auch vorkommen, daß nur die Nadelmitte die charakteristische Färbung annimmt, während die Nadelextremität, die

nicht unter dem unmittelbaren Einfluß des Parasiten liegt, rotbraun wird. Zwischen der parasitierten und der gesunden Nadelportion befindet sich ein rotbrauner Querstreifen. Im Laufe des folgenden Winters erscheinen dann auf den verfärbten Nadeln dunklere, ins Violett stechende, braune Längsstreifen, die den in Entwicklung begriffenen Fruchtkörpern entsprechen. Manchmal beobachtet man außerdem kleine Flecken, die bei durchfallendem Licht etwas durchscheinen. Dies sind kleine Harztaschen. Ende Juni platzt die über den Fruchtkörpern liegende Epidermis der Längsrichtung nach und somit wird die Hymeniumschicht des Pilzes freigesetzt. Danach erfolgt das Ausschleudern der Sporen, die, vom Winde verweht, die Krankheit auf junge, frisch aus den Knospen ausgeschlüpfte Nadeln übertragen. Dann fallen die Fruchtkörper tragenden, ein Jahr alt gewordenen Nadeln ab. Es kann zwar auch vorkommen, daß die Zweige ihre Nadeln abwerfen, bevor der Pilz seine Reife erreicht hat.

Fand im Vorjahre Masseninfektion statt und wurde in diesem Jahr ein entsprechend hoher Prozentsatz der alten Nadeln abgeworfen, so nehmen die Zweige mit ihren endständigen Nadelbüscheln ein charakteristisches Aussehen an, das vielfach an das Bild einer durch *Rhabdocline pseudotsugae* erkrankten Douglasie erinnert.

Morphologie des Pilzes

Die Fruchtkörper von *Hypodermella sulcigena* bestehen aus stromaartigen Gebilden, die unter der Nadelhypodermis angelegt werden. Sie sind langgestreckt bis linear, wechseln in ihrer Länge von 2 mm bis 2 cm und erreichen eine Breite von etwa $^1/_2$ mm. Auf einer Nadel entstehen meistens mehrere Fruchtkörper, deren Anwesenheit sich durch bräunliche Längsstreifen bemerkbar macht. Bei der Reife schwellen sie an und öffnen sich durch einen Längsspalt, was gleichzeitig das Auseinanderreißen der darüberliegenden Epidermis und Hypodermis bewirkt. In diesem Stadium ist die Nadel von Längsfurchen durchzogen. Diesem Aussehen der erkrankten Nadeln verdankt der Pilz seinen Namen „*sulcigena*". Die Dehiszenslinie der Fruchtkörper ist unregelmäßig und wird im Gegensatz zu *Lophodermium pinastri* nicht vorgebildet, d. h. es werden in der über den Asci und Paraphysen liegenden Stromaschicht keine Spezialzellen angelegt, die den Zweck haben, das Reißen zu befördern. Die keulenförmigen, 95 bis 140 μ langen und 13 bis 18 μ breiten Asci sitzen gewöhnlich auf einem kurzen, etwas erweiterten Fuße, enthalten meistens 8 normale, öfters aber 4 normale und 4 abortierte Sporen. Diese sind durchscheinend, keulenförmig bis tränenförmig, von einer dicken Gallerte umgeben und besitzen eine Länge von 35 bis 65 μ, meistens aber von 44,5 bis 54 μ, und eine Breite von 4 bis 6 μ. Die hyalinen, fadenförmigen Paraphysen zeigen keine Anschwellung ihres freien Endes und erreichen eine Länge von 100 bis 120 μ und einen Durchmesser von 1,5 μ.

Die hyalinen oder leicht rötlichen Myzelfäden sind septiert, stark verzweigt und wachsen in den Interzellularen. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 1 und 3 μ. Sie wuchern im Blattparenchym, dringen aber nie in den Zentralzylinder.

Lagerberg (1910) betrachtete *Hendersonia acicola* v. Tubeuf als Nebenfruchtform zu diesem Askomyzeten, weil beide Pilze sehr oft nebeneinander auf den Nadeln vorkommen. Heute weiß man aber, daß *Hypodermella sulcigena* und *Hendersonia acicola* nicht verwandt sind, und daß der letztgenannte nur als Nebenparasit aufgefaßt werden soll. Sehr oft werden die Fruchtkörper des *Hendersonia*pilzes im Innern der *Hypodermella*fruchtkörper angelegt. Die eigentliche Nebenfruchtform zu *Hypodermella sulcigena* ist bis heute unbekannt.

Schädliche Wirkung des Pilzes

Wie erwähnt wächst der Pilz im Innern der Nadeln in den Interzellularen des Blattparenchyms ohne in den von der Endodermis umgebenen Zentralzylinder zu dringen. Er bildet keine speziellen Saugorgane, um aus den Zellen seine Nahrung zu schöpfen. Der Pilz scheint die naheliegenden Zellen durch Ausscheidung eines Enzyms abzutöten. Man beobachtet nämlich zwischen dem noch grünen, basalen Teil der Nadel und dem vom Myzel durchwachsenen eine Zone, in der die Zellen in Auflösung begriffen sind. Ihre Wände sind angeschwollen und zerrissen, obschon sie vom Myzel nicht umsponnen sind.

Ferner ist der Zentralzylinder im Gebiet des Myzels getötet und zusammengedrückt. Zwischen dem gesunden und dem abgetöteten Nadelteil ist eine charakteristische Hypertrophie wahrzunehmen. Sie ist auf das plötzliche Stocken des Nahrungsstromes zurückzuführen, das eine besondere Aktivierung des Kambiums am oberen Ende der Gefäßbündel zur Folge hat. Es bildet sich eine sekundäre Kambiumzone und jedes Gefäßbündelende schwillt keulenförmig an. Die neugebildeten Zellen vergrößern ihr Volumen und füllen sich mit Reservestoffen (Lagerberg, 1910).

Der Pilz wirkt hauptsächlich schädlich, indem er die parasitierten Nadeln abtötet und ihren Abfall verursacht. Die Assimilationsfläche der befallenen Bäume wird somit in erheblichem Maße verringert, was einen starken Rückgang im Längen- und Dickenwachstum des Stammes und der Äste mit sich bringt. Sind einige Jahre hintereinander die Voraussetzungen für einen Massenbefall gegeben, so können vor allem junge Bäume schließlich eingehen.

Anfälligkeit der Kiefern

Obschon der Pilz die Kiefern in jedem Alter angreift, so scheint er doch am liebsten 10—30jährige Bäume zu befallen. In einem Bestand erkranken gewöhnlich nur einzelne Individuen und besonders diejenigen,

die an exponierten Lagen stehen, zum Beispiel an Waldrändern, an Wegen entlang, an Mooren. Jedoch können ganze Bestände der Krankheit erliegen, und dies ist oft der Fall in Baumschulen und in Aufforstungen.

Meines Wissens wurden bis jetzt keine systematischen Untersuchungen ausgeführt zwecks Feststellung der Widerstandskraft der verschiedenen *Pinus*-Arten gegen *Hypodermella sulcigena.* Der Pilz wurde gefunden auf: *Pinus silvestris* L., *Pinus silvestris* var. *engadinensis* Heer, *Pinus mugo* Turra, *Pinus mugo* var. *rostrata* Hoopes.

Nach Lagerberg (1910) sollte *Pinus silvestris* f. *lapponica* (Fr.) Hartm. und nach Noack (1928) *Pinus silvestris* var. *engadinensis* Heer dank ihrer mehr als 3 Jahre persistierenden Nadeln gegen die Krankheit besser gewappnet sein. Nach meinen Beobachtungen im Stazerwald bei St. Moritz scheint die Engadinerföhre nicht widerstandsfähiger zu sein als die gemeine Kiefer. Besonders anfällig ist *Pinus mugo* im Gegensatz zu *Pinus Cembra* L., die Arve, die absolut widerstandsfähig sein soll. Dies ist besonders auffällig in der Aufforstung von Schatzalp oberhalb Davos.

Geographische Verbreitung

Es ist schwierig, ein genaues Bild über die geographische Verbreitung der Krankheit zu bekommen, und dies insofern, als früher die *Hendersonia*-krankheit vielfach mit der *Hypodermella*krankheit verwechselt wurde. Rehm (1912) schreibt sogar bei der Behandlung von *Hypodermella sulcigena*: „scheint meist nur in der Konidienform *(Hendersonia acicola* v. Tub.) vorzukommen“. Ich führe deshalb nur die sicheren Fundorte auf.

Rostrup (1883) beschrieb die Krankheit erstmals aus Dänemark, wo sie nach und nach an verschiedenen Orten nachgewiesen wurde. Später entdeckte sie Brunchorst (1892) in Norwegen. Jedoch scheint dieser Autor zwei verschiedene Krankheiten verwechselt zu haben, und zwar die durch *Hypodermella sulcigena* hervorgerufene mit derjenigen, die von *Hypodermella conjuncta* verursacht wird, und die weiter unten beschrieben werden soll. Spätere Berichte und vom norwegischen Staatsmykologen eingesammeltes Material bewiesen dann einwandfrei das Auftreten von *Hypodermella sulcigena* in diesem Lande. In Schweden wurde sie zum erstenmal gemeldet von Nilsson (1893). Die Krankheit trat in einigen Distrikten so verheerend auf, daß sie in Forstkreisen Besorgnis erregte. Infolgedessen unternahm Lagerberg gründliche Untersuchungen zwecks Feststellung der Lebensweise und der schädlichen Wirkung des Parasiten. Weiter östlich kommt die Krankheit in Rußland vor im Regierungsbezirk von Leningrad (Wanin, 1925). In der Slowakei (Hohen Tatra) und in Böhmen (Sumava) entdeckte sie Kalandra (1938). In Schottland kommt sie allem Anscheine nach in Vergesellschaftung mit der *Hypodermella conjuncta*-Krankheit vor (Darker, 1932). Rostrup (1891) erwähnt die Anwesenheit von *Hypodermella sulcigena* in den Pyrenäen.

Rehm (1912), Münch und von Tubeuf (1910, 1911) gaben für Deutschland verschiedene Fundorte an, so in Sachsen, Rheingau, Schleswig, Bayern, Schwaben. Jedoch erwähnen die letzten Autoren nur *Hendersonia acicola.*

In der mir zur Verfügung stehenden Literatur fand ich keine Angaben über das Auftreten von *Hypodermella sulcigena* in der Schweiz. Ich habe diesen Pilz, der sich zu einem gefährlichen Parasiten entwickeln kann, zum erstenmal im Wallis beobachtet und zwar am 15. Juni 1941 im Walde zwischen Montana-Dorf und dem Moubraz-Teich. Ich fand ihn an derselben Stelle am 25. Mai 1942 wieder. Gleichzeitig wurde er von meinem Freund W. Trepp, Forstinspektor in Poschiavo, auf jungen Kiefern in einer Aufforstung im Val di Prada (Puschlav) entdeckt. Herr Professor Gäumann, dem ich diese Befunde meldete, fand den Pilz am 15. Juli auf *Pinus mugo* am Eingang des Val Forno bei Maloja. Ich sammelte (28. Juli 1942) den nunmehr häufigen Parasiten auf *Pinus silvestris* var. *engadinensis* im Stazerwalde bei St. Moritz; auf *Pinus mugo* auf Schatzalp oberhalb Davos (31. Juli 1942); auf *Pinus silvestris* in den Hochmooren von Les Ponts-de-Martel (Neuenburger Jura, 15. August 1942).

Der Pilz scheint also bei uns verbreitet zu sein. Ich habe ihn speziell im Stazerwald gesucht, weil mich Herr Oberförster Campell in Celerina vor Jahren schon auf eine in diesem Walde herrschende Föhrenkrankheit aufmerksam gemacht hatte, und in der Aufforstung auf Schatzalp, weil Herr Dr. Burger, Direktor der Schweizerischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen, ebenfalls vor Jahren ein Absterben der dort verpflanzten Bergföhren meldete.

In Amerika kommt in den Vereinigten Staaten eine mit der europäischen nahe verwandte *Hypodermella*-Art vor, nämlich *Hypodermella montivaga* (Petrak) Dearness. Die Unterscheidungsmerkmale sind jedoch so wenig ausgeprägt, daß es sich wahrscheinlich um dieselbe Spezies handelt.

Herkunft

Nach der geographischen Verbreitung der Krankheit dürfte es wohl unmöglich festzustellen sein, wo der Pilz in Europa zum ersten Mal aufgetreten ist. Der Fall ist nicht so einfach wie bei *Rhabdocline pseudotsugae*, wo das Vordringen des Parasiten genau verfolgt werden konnte. Es scheint unwahrscheinlich, *Hypodermella sulcigena* sei von Nordamerika her in Nordwesteuropa eingeführt worden, um sich von dort aus nach Osten und Süden fortzupflanzen, und dies um so weniger, als er in den Pyrenäen schon längst bekannt ist. Er ist eher als ein für Europa einheimischer Pilz zu betrachten.

Bekämpfung

Praktisch läßt sich in Wäldern oder Beständen, wo diese gefährliche Krankheit einmal Fuß gefaßt hat, keine Bekämpfung durchführen. Höchstens sind Baumschulen und Aufforstungen gegen die Einschleppung des Para-

siten durch regelmäßige Kontrolle, Aushieb und sofortiges Verbrennen aller kranken Individuen, zu schützen.

Es wäre wünschenswert, gegen diese Krankheit widerstandsfähige Bäume (besonders Bergföhren) auszusuchen, um von ihnen Abkömmlinge zu bekommen, die dann später gegen den Angriff durch *Hypodermella sulcigena* geschützt wären.

2. *Hypodermella conjuncta* Darker

Krankheitsbild

Im Gegensatz zu *Hypodermella sulcigena*, die nur junge, aus der Knospe sprießende Nadeln angreift, scheint *Hypodermella conjuncta* erst ein Jahr alte Nadeln befallen zu können, die sich verfärben und eine weißgraue Farbe annehmen. Zunächst wäre man geneigt, diese Verfärbung auf einen Angriff durch den Schüttepilz *Lophodermium pinastri* zurückzuführen. Hier fehlen jedoch die bekannten schwarzen Querstreifen, welche charakteristisch sind bei von der gemeinen Schüttekrankheit befallenen Nadeln. Meistens verfärbt sich nur der distale Teil einer Nadel, obschon es auch vorkommt, daß die ganze Nadel ihre grüne Farbe verliert. Die von der Scheide umgebene Nadelportion bleibt aber immer grün. Zwischen dem gesunden und dem kranken Nadelteil ist eine rotbraune, etwa 1 mm breite Zone vorhanden. Meistens in der unmittelbaren Nähe dieser Zone, hie und da aber auf der ganzen verblaßten Nadelportion zerstreut, lassen sich kleine, $^1/_4$ bis 4 mm lange, dunklere, zu mehreren gruppierte Flecken wahrnehmen. Es sind die von der Epidermis bedeckten Fruchtkörper des Parasiten, die bei der Reife und bei nassem Wetter aufspringen, ihre Hymeniumschicht freisetzen und die Sporen ausschleudern.

Morphologie des Pilzes

Die Fruchtkörper von *Hypodermella conjuncta* sind ebenfalls stromatische, länglich-elliptische, im Blattparenchym dicht unter der Hypodermis eingeschlossene Gebilde von leicht bräunlicher Farbe. Ihre Länge schwankt zwischen $^1/_4$ bis 4 mm, während ihre Breite nur etwa $^1/_4$ mm beträgt. Sehr oft kommt es vor, daß mehrere dieser Gebilde seitlich verwachsen und konjugierte Fruchtkörper bilden. Daher der Name des Pilzes. Im Innern der Fruchtkörper befinden sich aneinander gereiht die Paraphysen und die Asci. Bei der Reife springt die über den Sporenschläuchen und Nebenfäden liegende Deckschicht auf, währenddem die Epidermis und die Hypodermis sich ihrerseits der Länge nach aufspalten, was das Ausschleudern der Sporen ermöglicht. Auch diese Art besitzt keine vorgebildete, mit Lippenzellen versehene Dehiszenslinie. Das Aufspalten der Fruchtkörper ist rein willkürlich. Die zylindrisch-keulenförmigen, kurzgestielten bis sitzenden, am oberen Ende konischen Sporensäcke enthalten acht Sporen und sind 110—160 μ lang und 15—16 μ breit. Die länglichen, schlüsselförmigen,

farblosen, 60—100 μ, meistens aber 75—90 μ langen und 2,5—3,5 μ breiten Sporen sind von einer 1,5—5 μ dicken Gallerte umgeben. Die farblosen, einfachen, septierten, 135—150 μ langen und 1—2 μ breiten Paraphysen zeigen eine leichte Anschwellung ihrer freien Extremität.

Die häufig septierten und reichverzweigten Myzelfäden sind im Blattparenchym in der Nähe der Fruchtkörper reichlich vorhanden. Ihr Durchmesser beträgt 1,5 bis 2 μ.

Die diesem Askomyzeten zugehörige Nebenfruchtform ist bis jetzt noch nicht bekannt.

Biologie des Parasiten

Über die Biologie von *Hypodermella conjuncta* sind bisher keine gründlichen Untersuchungen unternommen worden. Der heutige Stand unserer Kenntnisse gestattet nicht einmal präzis anzugeben, zu welcher Jahreszeit sich die Infektion vollzieht. Ich habe Material mit reifen Fruchtkörpern von Februar bis August gesammelt, aber die kleine Zahl meiner Beobachtungen ließ mich den Zeitpunkt, in dem das Sporenschleudern und die Infektionsgefahr ihr Maximum erreichen, nicht feststellen. Deshalb scheint es möglich, daß sich diese Periode über mehrere Monate erstrecken kann, und meine Hypothese würde ihre Berechtigung darin finden, daß nicht die diesjährigen Nadeln anfällig sind. Obschon Darker, 1932, (S. 60) auf das Vorkommen von Fruchtkörpern auf ein- und mehrjährigen Nadeln hinweist, konnte ich den Parasiten im reifen Zustand nur auf sich im dritten Lebensjahre befindenden Nadeln beobachten. Dies ermöglicht, *Hypodermella conjuncta* von *Hypodermella sulcigena* sofort zu unterscheiden, da diese ihre Fruchtkörper auf einjährigen Nadeln entwickelt.

Anfälligkeit der Kiefern

Bis jetzt sind *Pinus silvestris* und *Pinus mugo* die einzigen Kiefernspezies, die dem Angriff durch *Hypodermella conjuncta* zum Opfer fallen, und in der Literatur sind über eine Verschiedenheit in der Widerstandskraft der einzelnen Varietäten dieser *Pinus*-Arten keine Angaben vorhanden.

Geographische Verbreitung

Wilson (1920) berichtet über einen Pilz, den er in Schottland gefunden hat, welcher mit *Hypodermella pinicola* Brunchorst (= *Hypodermella sulcigena* [Rostr.] v. Tub.) nahe verwandt ist, sich jedoch von diesem durch die Sporenlänge unterscheidet. Bei der Durchsicht von Wilsons Material erkannte Darker (1932) den schottischen Pilz als eine neue Art, die er *Hypodermella conjuncta* nannte. Ferner kommt der Pilz in Schweden und in der Schweiz vor (Terrier, 1942). Das Verbreitungsareal dieses Parasiten scheint in großen Zügen dasselbe zu sein, wie dasjenige von *Hypodermella sulcigena,* mit dem er sicher verwechselt wurde.

In der Schweiz fand ich den Pilz im Rhonetal in den Sektoren Granges—Lens—Montana—Siders und Bramois—Nax—Loye—Grône; ferner im Bagnes-Tal unterhalb Verbier und bei l'Isle am Fuße des waadtländischen Juras.

Forstliche Bedeutung

Die Tatsache, daß dieser Parasit die Aufmerksamkeit der Förster gar nicht erregte, obschon er sich bei uns seit langem befinden soll, spricht für seine als Schütteerreger untergeordnete Rolle. Immerhin ist vom wissenschaftlichen Standpunkte aus sehr zu wünschen, die Biologie dieses Pilzes wäre besser erforscht; deshalb möchte ich die Herren Förster bitten, auf diesen Krankheitserreger zu achten, ihre Beobachtungen über das eventuelle Vorkommen von *Hypodermella conjuncta* — sowie von *Hypodermella sulcigena* — in ihrem Revier zu melden und verdächtiges Material, Nadelmaterial zu senden.

Literaturverzeichnis

Brunchorst, J., 1892: Nogle norske Skovsygdomme. (Bergens Museums Aarbog, Nr. 8.)

Darker, J. D., 1932: The *Hypodermataceae* of Conifers (Contribution from the Arnold Arboretum of Harvard University, I, 131 S.)

Kalandra, J. A., 1938: A new leaf-cast disease to our country caused by *Hypodermella sulcigena* (Rostr.) Tub. on *Pinus silvestris* and *Pinus montana* in High Tatra and Sumava. (Otisk z rocenky Ochrana Rostlin, Rocnik 14, 11 S.)

Lagerberg, T., 1910: Om gråbarrsjukan hos tallen, dess orsak och verkningar. Skogvårdsföreningens Tidskrift, S. 127—174.)

Münch, E. und Tubeuf, K. von, 1910 und 1911: Eine neue Nadelkrankheit der Kiefer, *Pinus silvestris*. (Naturw. Zeitschr. f. Forst- und Landwirtschaft, Bd. 8, S. 39—44; Bd. 9, S. 20—25.)

Nilsson, A., 1893: Forstligt botaniska undersökninger i sydöstra Nerike 1892. (Tidskr. f. Skogshushällning, 21. Jahrg.)

Noack, M., 1928: *Hysteriineae* (in Sorauer, P.: Handb. d. Pflanzenkrankh., Bd. 2, 1. Teil, S. 687.)

Rehm, H., 1912: Zur Kenntnis der Discomyceten Deutschlands, Deutsch-Österreichs und der Schweiz. (Ber. d. Bayer. Bot. Gesellschaft, Bd. 13, S. 102—206.)

Rostrup, E., 1883: Fortsatte Undersøgelser over Snyltesvampes Angreb paa Skovtraeerne. (Tidskr. f. Skovbrug, Bd. 6.)

Rostrup, E., 1891: Undersøgelser over Snyltesvampes paa Skovtraeer i 1883—1888. (Tidskr. f. Skovbrug, Bd. 12.)

Terrier, Ch.-A., 1942: Essai sur la systématique des *Phacidiaceae* (Fr.) sensu Nannfeldt (1932). (Matériaux pour la Flore cryptogamique suisse, Bd. 9, Heft 2, 99 S.)

Terrier, Ch.-A., 1942: Deux champignons parasites des aiguilles de Pin peu connus en Suisse. (Verhandl. d. Schweizer. Naturf. Gesellschaft, 122. Sitzung, S. 127—128.)

Wanin, S. J., 1925: Über zwei neue Pilze, welche im Leningrader Gouvernement junge Kiefern beschädigen. (Mitteil. Leningrad. Forstinst., Bd. 32, S. 187—188.)

Wilson, M., 1920: Notes on new or rare British fungi. (Trans. Brit. Myc. Soc., Bd. 7, S. 79—85.)

Aus dem Zentral-Institut für Pflanzenschutz in Ankara (Türkei).

Über den Rost von *Vinca herbacea*

Von

G. Karel

Mit 5 Abbildungen

Unter der Überschrift „Über die Nomenklatur zweier Rostpilze" veröffentlichte E. Gäumann (Phytopathologische Zeitschrift 12, 1939, 229—231) einige Beobachtungen über die an *Vinca*-Arten schmarotzenden Puccinien. Er unterscheidet dabei *Puccinia Vincae* (DC) Berk. auf *Vinca maior* L. von *Puccinia cribrata* Arthur et Cummins auf *Vinca minor* L. und fährt fort: „Die Frage nach dem spezifischen Charakter des Rostes auf *Vinca herbacea* . . . möchte ich offen lassen. Nach den Dimensionen seiner Teleutosporen scheint er eine besondere dritte Art darzustellen. Er tritt überdies bei dem von mir untersuchten Material auf den Blättern anders auf als die beiden anderen *Vinca*-Puccinien. Auch konnte ich keine Uredo finden; es handelt sich also möglicherweise . . . um eine Mikroform. Ich möchte deshalb diesen Rost unsern osteuropäischen Kollegen zu näherem Studium ans Herz legen."



Abb. 1
Aufrechter Wuchs *Puccinia*-befallener Pflanzen von *Vinca herbacea*

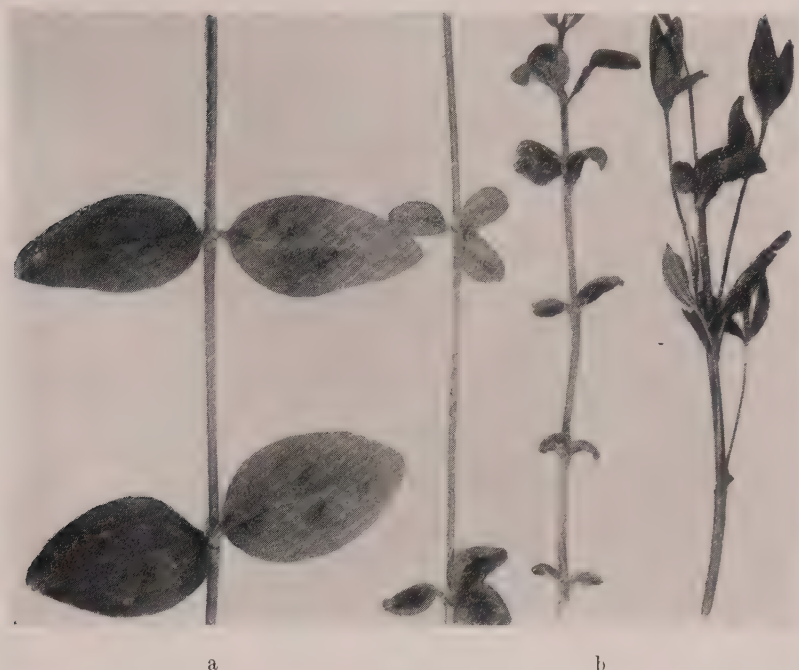


Abb. 2
a normaler Sproß, b von *Puccinia* befallene Sprosse von *Vinca herbacea*

Wir haben hier alljährlich Gelegenheit, die Puccinia auf *Vinca herbacea* W. et K. unmittelbar neben unserem Institut zu beobachten. Ich bin daher der Anregung von Herrn Professor Gäumann nachgegangen und möchte die Ergebnisse meiner Beobachtungen in den folgenden Zeilen niederlegen.

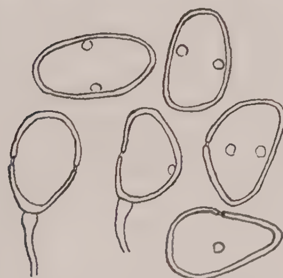


Abb. 3
Uredosporen der *Puccinia* von *Vinca herbacea*
Etwa 400 ×

Auffallend an dieser Puccinia ist eine Eigenschaft, die ich weder bei Gäumann (l. c.) noch bei Saccardo (Sylloge Fungorum VII, 1888, 645, sub *Puccinia Berkeleyi* Pass.) erwähnt gefunden habe, nämlich die, Mißbildungen auf ihrer Wirtspflanze hervorzurufen. Die Sprosse der befallenen Pflanzen sind aufsteigend, nicht niederliegend wie die normaler Pflanzen (Abb. 1). Ferner sind die Blätter sehr stark verkleinert und heller gefärbt; die Pflanzen machen dadurch einen etiolierten Eindruck, ähnlich wie es bei der von *Uromyces Pisi* befallenen *Euphorbia Cyparissias* der Fall ist (Abb. 2). Auch kommt es nicht selten vor, daß die normalerweise gegenständigen Blattpaare durch wirtelförmig angeordnete Dreiergruppen von Blättern ersetzt sind (Abb. 2).

Im Mai finden sich auf den befallenen Blättern Uredo-Lager und Spermogonien neben einander, wie dies für *Puccinia Vincae* angegeben wird (Saccardo l. c.). Unser Pilz von *Vinca herbacea* ist also keine Mikro-, sondern eine Brachy-Puccinia. Die Uredo-Lager liegen im Gegensatz zu der genannten Diagnose („hypophyllis“) nicht ausschließlich, sondern nur größtenteils auf der Blattunterseite. Die Uredosporen (Abb. 3) sind bestachelt, wie für *Puccinia Vincae* angegeben wird, jedoch so außerordentlich fein und farblos, daß auf eine Wiedergabe der Stacheln im Bilde verzichtet wurde. Sie haben gewöhnlich 4 äquatorial gestellte Keimporen. Ihre Größe entspricht im allgemeinen der für *Puccinia Vincae* angegebenen. Das Ergebnis von 200 Messungen ist in der graphischen Darstellung der Abb. 4 wiedergegeben.

Die im Juni häufig zu findenden Teleutosporen stimmen im Aussehen völlig mit der Beschreibung von *Puccinia Vincae*

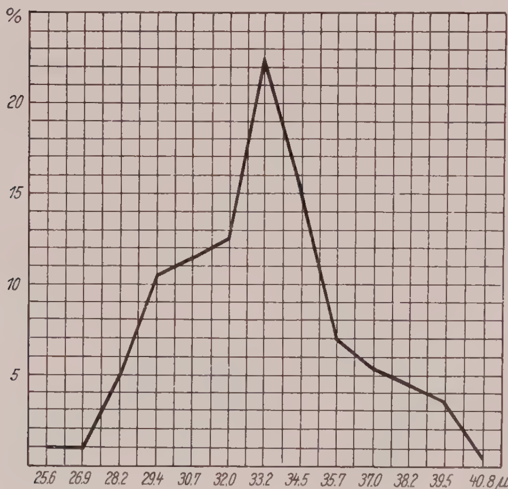


Abb. 4a

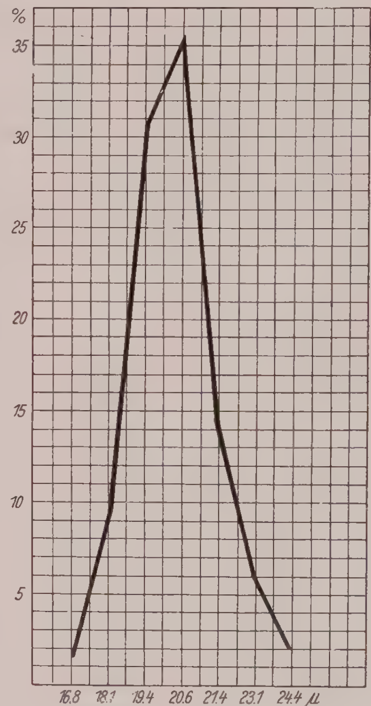


Abb. 4b

Abb 4a. Verteilung der Längenmaße von 200 Uredosporen der *Puccinia* auf *Vinca herbacea*
Abb. 4b. Verteilung der Breitenmaße von 300 Uredosporen der *Puccinia* auf *Vinca herbacea*

Saccardo l. c.) überein. Lediglich die Angabe „hypophyllis“ wäre wieder dahin zu korrigieren, daß die Lager zum größeren Teile auf der Blatt-Unterseite zu finden sind. Auffallend ist das relativ häufige Vorkommen von einzelligen Teleutosporen. Von 100 beliebigen Teleutosporen eines Präparates waren z. B. 7 einzellig. Es handelt sich z. T. um ursprünglich zweizellig angelegte Sporen, deren Scheitelzellen bis auf kleine Reste nicht ausgebildet worden sind; bei einem Teil sind aber Reste einer Scheitelzelle nicht zu finden; ihre Membran ist meist von auffallend ungleicher Dicke (Abb. 5).

Die Größe der Teleutosporen paßt in den allgemeinen Rahmen der Angaben für *Puccinia Vincae.* Doch hat Gäumann gezeigt, daß die Mengenverteilung der Größenklassen bei den Puccinien von *Vinca maior*, *minor* und *herbacea* spezifisch verschieden ist. Ich habe 400 zweizellige Teleutosporen der Puccinia von *Vinca herbacea* gemessen und gebe die Zahlen in Tabelle 1 und 2 im Vergleich mit denen von Gäumann:

Tabelle 1

Verteilung der Längen von je 200 bzw. 400 Teleutosporen

	Größenklasse in μ									
	30,6	31,9	33,1	34,4	35,6	36,9	38,1	39,4	40,6	41,9
Gäumann . . .	1	7	15	20	38	45	34	20	10	5
Karel	1	2	10	16	16	45	79	61	66	46

	Größenklasse in μ							Mittelwert und Streuung
	43,1	44,4	45,6	46,9	48,1	49,4	50,6	
Gäumann . . .	1	3	1	—	—	—	—	36,9 ± 2,59
Karel	21	14	11	4	3	1	1	39,5 ± 3,07

Tabelle 2

Verteilung der Breiten von je 200 Teleutosporen

	Größenklasse in μ										Mittelwert und Streuung
	18,1	19,4	20,6	21,9	23,1	24,4	25,6	26,9	28,1	29,4	
Gäumann .	1	7	7	21	47	60	33	15	8	1	24,1 ± 1,98
Karel . . .	—	1	10	20	51	57	54	6	1	—	24,0 ± 1,56

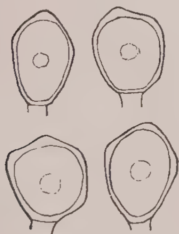


Abb. 5
Einzellige Teleutosporen der *Puccinia* von *Vinca herbacea*
Etwa 400 ×

Wie ersichtlich, decken sich meine Messungen an Teleutosporen der Puccinia von *Vinca herbacea* aus Ankara ziemlich mit denen von Gäumann an gleichem Material aus Charkow. Die Teleutosporen sind bei unserem Material durchschnittlich etwas länger.

Wenn wir noch auf die von Gäumann offen gelassene Frage des spezifischen Charakters des Rostes auf *Vinca herbacea* eingehen, so finden wir: Die allgemeinen Merkmale unseres Pilzes decken sich im wesentlichen mit der Diagnose von *Puccinia Vincae* (DC) Berk. Ebenso wie diese ist es eine Brachypuccinia. In der Größe der Teleutosporen bestehen kleine Unterschiede gegenüber dem Rost auf *Vinca maior:*

Puccinia auf *Vinca maior* nach Gäumann . . .	40,5 ± 3,04 × 21,5 ± 1,96
Puccinia auf *Vinca herbacea* nach Gäumann . .	36,9 ± 2,59 × 24,1 ± 1,98
Puccinia auf *Vinca herbacea* nach Karel . . .	39,5 ± 3,07 × 24,0 ± 1,56

Die Teleutosporen unseres Pilzes sind also in der Größe den maior-Puccinien ähnlicher als die des Gäumannschen. Vielleicht bestehen Übergänge. Weitere Unterschiede finden sich in der Lage der Sporenlager und in der Wirkung auf die Wachstumsform der Pflanze; beide können durch die Reaktion des Wirtes bedingt sein. Ich glaube nicht, daß sich auf diese Unterschiede die Errichtung einer neuen Art begründen läßt. Wohl scheint es mir aber berechtigt, die Puccinia der *Vinca herbacea* als eine besondere Form der *Puccinia Vincae* (DC) Berk. zu betrachten. Die Spezialisierung auf *Vinca herbacea* wäre freilich noch durch den Infektionsversuch zu erweisen.

Über *Puccinia anatolica* n. spec. auf *Vinca herbacea* W. et K.

Von

Gustav Gaßner

Mit 13 Abbildungen

Vor kurzem hat Gäumann (2, 1939) die Aufmerksamkeit der „osteuropäischen Kollegen“ auf den auf *Vinca herbacea* W. et K. auftretenden Rost gelenkt und dabei die Vermutung ausgesprochen, daß es sich hier möglicherweise um eine besondere Art handelt. Während meines fünfjährigen Aufenthaltes in der Türkei ist mir Rost auf *Vinca herbacea* zum ersten Mal Anfang April 1935 auf den etwa 1000 m hohen Bergen in der Nähe der Chubuk-Talsperre bei Ankara und seitdem häufig und in jedem Frühjahr auch auf anderen hoch gelegenen Stellen der weiteren Umgebung von Ankara und in Inneranatolien begegnet. Da das Verbreitungsgebiet der *Vinca herbacea* nicht nur Kleinasien, sondern auch Armenien, Persien, Syrien und Südosteuropa umfaßt (Krause, 4, S. 118), darf angenommen werden, daß auch die Ausbreitung der auf dieser *Vinca*-Art vorkommenden Rostform eine bedeutende ist.



Abb. 1
Spermatien (links), Uredosporen (Mitte) und Teleutosporen (rechts) der *Puccinia anatolica* n. spec. auf *Vinca herbacea* W. et K.
Vergr. 420-fach

Bereits vor dem Hinweis von Gäumann hatte ich dem Rostauftreten auf *Vinca herbacea* meine Aufmerksamkeit zugewendet, weil es sich hier um einen perennierenden Rost mit offensichtlich interessanten Überwinterungs- und Fruktifikationsbedingungen handelt. Im Frühjahr 1938 wurden deshalb zu Beobachtungszwecken etwa 50 kranke Pflanzen dem

nächstgelegenen natürlichen Standort (Berge vor der Chubuk-Talsperre) entnommen und auf der Nordseite des Centralinstitutes für Pflanzenschutz in Ankara eingepflanzt, wobei durch Bodengestaltung und Aufbringen größerer Steine den natürlichen Standortsverhältnissen möglichst entsprechende Bedingungen geschaffen wurden. Die Pflanzen gingen größtenteils an und entwickelten im nächsten Frühjahr wieder reichlich neue kranke Triebe aus ihren Wurzelstöcken. Diese Pflanzen sind es, von denen mein früherer Mitarbeiter George Karel das Sporenmaterial zu seinen

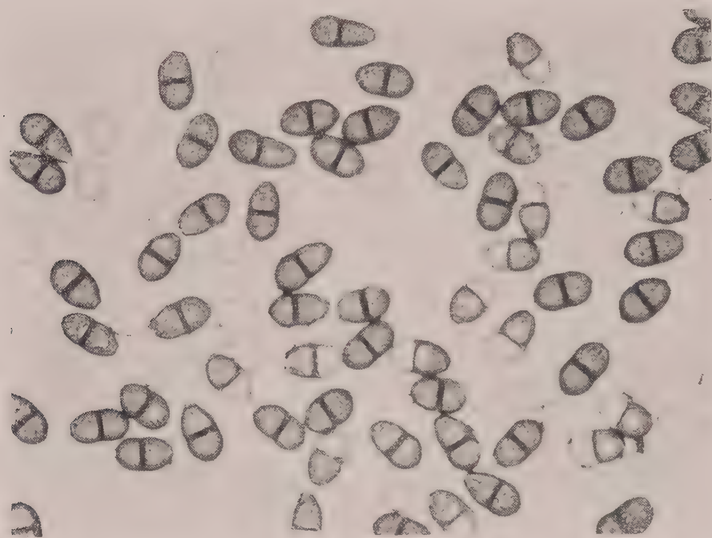


Abb. 2
Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. spec. mit inhaltlosen oberen Zellen.
Verhältnis solcher Sporen zu normalen Teleutosporen 14 : 49.
Zwischen den Teleutosporen reichlich Uredosporen.
Vergr. 190-fach

soeben erscheinenden Untersuchungen über die Sporengröße des Rostes auf *Vinca herbacea* entnommen hat (Karel, 3). Von der Mitteilung von Karel erhielt ich während des Abschlusses der vorstehenden Arbeit Kenntnis. Es war daher noch möglich, die Ergebnisse dieses Autors in die folgenden Ausführungen einzuarbeiten.

Von den auf *Vinca minor* L., *V. major* L. und *V. herbacea* W. et K. vorkommenden Rostarten ist *Puccinia vincae* (DC.) Berk. auf *Vinca major* eine Brachypuccinia, bildet also Pykniden, Uredo- und Teleutosporen; den auf *Vinca minor* auftretenden Rost haben Arthur und Cummins (1) von der vorstehenden Art als *Puccinia cribrata* abgetrennt, weil es sich hier um eine mikrocyklische Rostart handelt, deren Teleutosporen sich außerdem durch bedeutendere Größe von denen der *Puccinia vincae* unterscheiden (vergl. die spätere Abbildung 7). Die Feststellungen von Arthur

und Cummins sind dann 1939 von Gäumann an einem umfangreichen Untersuchungsmaterial bestätigt und erweitert.

Offen ist dagegen die Frage nach der Stellung des auf *Vinca herbacea* vorkommenden Rostes. Da dieser nach Gäumann auf den Blättern „anders“ auftritt als die beiden vorgenannten Rostarten, da Uredosporen von dem gleichen Autor nicht gefunden wurden, und die Teleutosporen außerdem abweichende Dimensionen aufweisen, rechnet Gäumann 1939

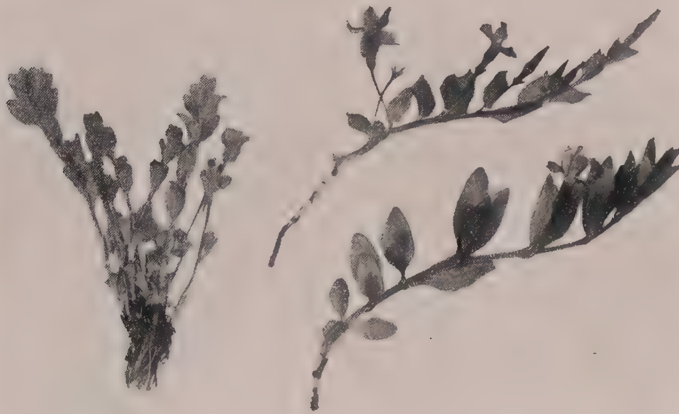


Abb. 3
Vinca herbacea W. et K.
Links: Kranke Pflanze mit zahlreichen, büschelig stehenden und senkrecht in die Luft wachsenden Trieben und mit Pykniden auf der Unterseite der gelbgrünen Blätter.
Rechts: Gesunde, am Erdboden kriechende Pflanzen mit tiefgrünen, größeren Blättern und mit blauen Blüten.
Phot. 4. April 1935

mit der Möglichkeit, daß es sich bei dem Rost auf *Vinca herbacea* um eine Mikroform und eine besondere dritte Art handelt.

Nun hatte sich bereits bei unseren ersten, bis jetzt unveröffentlicht gebliebenen Funden vom April und Mai 1935 gezeigt, daß eine typische Brachypuccinia vorliegt, eine Feststellung, die dann in allen folgenden Jahren und auch an dem auf dem Versuchsfeld ausgepflanzten Material bestätigt und an diesem neuerdings nochmals von Karel (3) gemacht wurde. Sowohl Pykniden, wie Uredo- und Teleutosporen wurden an Pflanzen von natürlichen Standorten stets nur auf der Blattunterseite der Blätter gefunden; es ist deshalb von Interesse, daß Karel an den neben das Institutsgebäude in Ankara gepflanzten und hier kultivierten *Vinca*-Exemplaren Uredo- und Teleutosporen „nur größtenteils auf der Blattunterseite“, also zum Teil auch auf der Blattoberseite fand.

Alle Fruchtformen bedecken meist die gesamte Blattunterfläche kranker Blätter; eine Ausnahme bilden nur jüngere Blätter, bei denen der Befall auf den Spitzenteil der Blätter beschränkt bleibt. Die kleinen und im Querschnitt umgekehrt trichterförmigen Pykniden sind dicht, aber regellos über die Blattunterfläche verteilt. Die sich unter und zwischen den entleerten Pykniden entwickelnden Uredolager zeigen sich in der Längsrichtung der Blätter mehr oder minder gestreckt und weisen oft eine fast strichförmige Form auf; durch teilweise Vereinigung benachbarter Lager kommen aber auch mäandrische Formen zustande. Da sich die Teleutosporen in den gleichen Lagern entwickeln wie vorher die Uredosporen, gilt für die Form der Teleutolager das gleiche wie für die Uredolager.

Spermatien, Uredo- und Teleutosporen sind in Abb. 1 dargestellt. Die Spermatien haben eine ziemlich derbe Wand und gelblichen Inhalt; ihre Länge schwankt zwischen 90 und 120 μ, die in der Mitte gemessene Breite zwischen 3 und 4 μ. Die während der Pyknidenentleerung austretende süße Flüßigkeit enthält außerdem reichlich Hefezellen. Auffallend ist weiter das Auftreten größerer, schwärzlicher Blattflecken von mehreren Millimeter Durchmesser zur Zeit oder kurz nach der Pyknidenentleerung. Die mikroskopische Untersuchung ergab überreiches Vorkommen von Rostmycel sowie Absterben und Schwarzfärbungen der Blattparenchymzellen: die Ursache dürfte in zu starker Übertragung von Spermatien anderer Blätter zu suchen sein, die durch Absterben der Wirtspflanzenzellen zur Ausbildung von Nekroseflecken führt. Uredosporenbildung findet an den geschwärzten Stellen nicht statt, während sonst die Pyknidenbildung gleichmäßig durch die Entwicklung von Uredolagern abgelöst wird.

Uredo- und Teleutosporen (Abb. 1 Mitte und rechts) entsprechen in Form und Aussehen annähernd der für *Puccinia vincae* gegebenen Beschreibung (Sydow, 5, S. 338). Auf Eigentümlichkeiten der Größendimensionen wird weiter unten noch ausführlich einzugehen sein. Die sehr feinstache-



Abb. 4
Einzeltriebe kranker Pflanzen von *Vinca herbacea* L. mit Uredo-tragenden unteren Blättern.
Obere Blätter gesund, Übergangsblätter mit Uredolagern in der oberen Blatthälfte bzw. den Spitzenteilen dieser Blätter.
Phot. 29. April 1936.

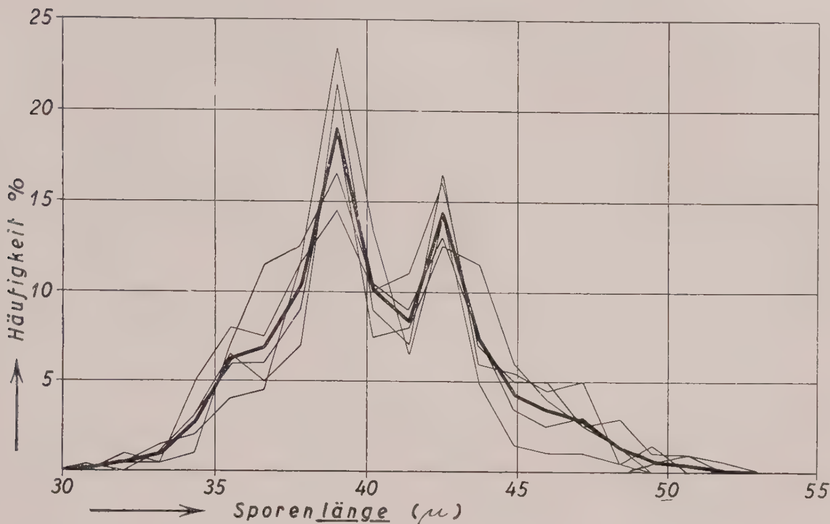


Abb. 5
Häufigkeitswerte der Sporenlängen von *Teleuto anatolica*
5 verschiedene Sporenmischungen aus Teleutolagern verschiedener Blätter.
Dünne Linien: Einzelmessungen von je 200 Teleutosporen.
Starke Linie: Mittelwerte.
Unterlagen siehe Tabelle 1 (S. 463)

ligen Uredosporen haben, wie auch Karel ausführt, im allgemeinen 4 äquatorial gestellte Keimporen. Die Teleutosporen tragen meist an der Spitze der oberen Zelle eine linsenförmige Kappe; die basale Zelle hat eine gleich ausgebildete Kappe, die sich seitlich, oft in der Nähe des Stieles, befindet. Nach Karel ist „das relativ häufige Vorkommen von einzelligen Teleutosporen“ auffallend. Wir selbst haben solche nur verhältnismäßig selten angetroffen, in einigen Präparaten dagegen sehr stark 2-zellige Teleutosporen, bei denen die obere Zelle inhaltlos geworden ist. So kommen von den in Abb. 2. wiedergegebenen Teleutosporen auf 49 normale insgesamt 14 Sporen mit leeren oberen Zellen.

Von besonderer Wichtigkeit für die Beurteilung der auf *Vinca herbacea* vorkommenden Rostform ist die Feststellung, daß es sich um eine Art handelt, die regelmäßig als Mycel in den erkrankten Pflanzen überwintert. Wohl weist Karel ganz richtig auf gewisse morphologische Mißbildungen kranker Pflanzen und Blätter hin, jedoch wird die Tatsache, daß es sich bei der in der Türkei auf *Vinca herbacea* anzutreffenden *Puccinia* um einen typischen perennierenden Rostpilz handelt, nicht erwähnt. Da weder Sydow (5) noch Gäumann (2) für die auf anderen *Vinca*-Arten auftretenden Rostarten *Puccinia vincae* (DC.) Berk. und *P. cribrata* Arth. et. Cum. ein Perennieren erwähnen, erscheint es gerechtfertigt, den auf *Vinca herbacea* vorkommenden Rost als eigene Art anzu-

sprechen, zumal zu den im folgenden näher gekennzeichneten Eigentümlichkeiten ihres Auftretens noch charakteristische Unterschiede in Form und Größenverhältnissen der Sporen kommen, indem die Sporenlager teils kleinzellige, teils großzellige Sporen oder auch beide nebeneinander enthalten. Der Rost auf *Vinca herbacea* sei hier als *Puccinia anatolica* n. sp. bezeichnet.

Zunächst seien noch einige Angaben über das Auftreten der *Puccinia anatolica* n. sp. gebracht. Die Entwicklung des Rostes beginnt alljährlich Ende März-Anfang April mit dem Austreiben der Rostmycel enthaltenden Triebe aus infizierten Wurzelstöcken. Während sich aus gesunden unterirdischen Rhizomen meist nur ein oder wenige, am Boden kriechende Triebe mit vollgrünen Blättern entwickeln, die Anfang April ihre blauen Blüten entfalten (Abb. 3, rechts), treiben erkrankte Wurzelstöcke in großer Zahl, oft bis zu mehr als 15 kürzere, büschelförmig angeordnete Triebe hervor. Diese unterscheiden sich von den gesunden nicht nur durch eine bleichere, mehr gelbgrünliche Farbe und kürzere, gleichzeitig dickere, nach Karel auch z. T. abweichend inserierte Blätter, sondern vor allem dadurch, daß sie nicht am Boden kriechen, sondern senkrecht in die Luft wachsen, also nicht plagiotrop, sondern negativ geotropisch sind (Abb. 3, links). Dieses abweichende Wachstumsverhalten wird während der ganzen Wachstumsperiode beibehalten, obwohl nur die zuerst, also etwa bis zum 10. April gebildeten Blätter Rostfruktifikationen tragen, während die später gebildeten gesund bleiben; die Triebe entwachsen also allmählich dem Pilz. Blütenbildung an erkrankten Pflanzen ist nur vereinzelt zu

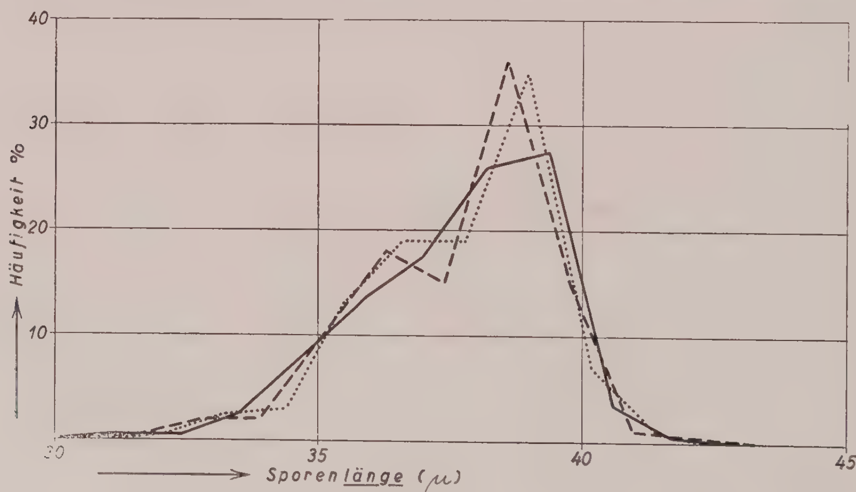


Abb. 6
Häufigkeitswerte der Sporenlängen von *Teleuto anatolica*
bei verschiedenartiger Zusammenfassung von je 3 benachbarten Meßwerten
Intervall: $3 \times 0{,}39 = 1{,}17\ \mu$.
Einzelheiten siehe Text und Tabelle 2

beobachten; solche Blüten sind wohl normal gefärbt, jedoch kleiner und weniger auffallend als die Blüten gesunder Pflanzen.

In allen Beobachtungsjahren setzte die Pyknidenbildung Anfang April gleichmäßig und fast gleichzeitig auf allen Blättern der befallenen Triebe ein; die Uredobildung vollzieht sich ebenfalls sehr gleichmäßig zu Beginn der zweiten Aprilhälfte, also etwa 2 Wochen nach der Pyknidenentleerung. Die Teleutosporenbildung zeigt dagegen gewisse zeitliche Unterschiede, indem der Beginn in die letzten Tage des April, das Ende

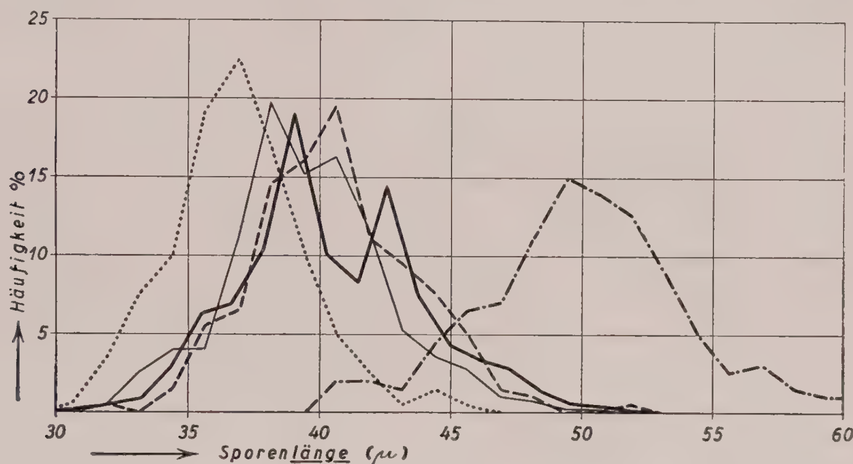


Abb. 7

Häufigkeitswerte der Sporenlängen (Teleutosporen) der auf *Vinca*-Arten beobachteten Rostarten

Volle starke Linie: *Puccinia anatolica* n. spec. auf *Vinca herbacea* W. et K. eigene Messungen.

Volle dünne Linie: *Puccinia anatolica* n. spec. auf *Vinca herbacea* W. et K. nach Karel.

Punktierte Linie: *Puccinia* spec. auf *Vinca herbacea* aus Charkow nach Gäumann

Gestrichelte Linie: *Puccinia vincae* (D.C.) Berk. auf *Vinca major* L. nach Gäumann

Strichpunktierte Linie: *Puccinia cribrata* Arth. et Cum. auf *Vinca minor* L. nach Gäumann

etwa in die letzten Maitage fällt. Auch innerhalb der Rostlager liegen Unterschiede vor; man findet Anfang Mai oft Lager, die zu einem Teil noch reine Uredosporen, in der anderen Hälfte aber schon einen geschlossenen Bestand dunkler Teleutosporen zeigen.

Pyknidenbildung und -reife sind spätestens im ersten Aprildrittel abgeschlossen; eine spätere Pyknidenbildung findet nicht statt, obwohl das Wachstum der Triebe erst im Juni abgeschlossen wird. Die nach vollendeter Pyknidenbildung sich entwickelnden Blätter kranker Triebe bleiben ohne Sporenfruktifikation, zunächst ohne Pykniden, dann aber auch ohne Uredo- und Teleutolager, da diese, soweit festgestellt werden konnte, nur im Anschluß und am Ort einer früheren Pyknidenbildung entstehen. In

Abb. 4 sind erkrankte Triebe dargestellt, die an der Spitze gesund durchtreiben; die Übergangsblätter weisen zur Zeit der Aufnahme (29. April 1936) Uredolager nur noch an den oberen, also den älteren Blatteilen auf, da ja die Entwicklung der Blattspreite durch interkalares Wachstum des Blattgrundes erfolgt.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß die strenge zeitliche Bindung im Erscheinen der einzelnen Sporenformen eine Anpassung an das anatolische Steppenklima, insbesondere an den Temperaturanstieg und das Sinken der relativen Luftfeuchtigkeit beim Übergang vom Winter

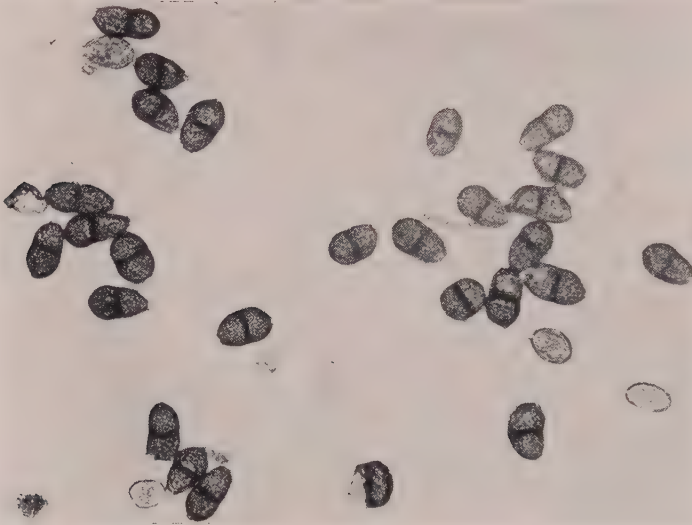


Abb. 8
Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. sp.
Sporengemisch aus verschiedenen Teleutolagern und von verschiedenen Blättern.
Vergr. 190-fach

zum Sommer darstellt; insbesondere dürfte eine Spermatienübertragung in den trockenheißen Sommermonaten auf Schwierigkeiten stoßen, weil die auf minimale Werte absinkende Luftfeuchtigkeit ein schnelles Eintrocknen der Spermatienflüssigkeit zur Folge haben müßte.

Wie schon erwähnt, blühen erkrankte Pflanzen nur selten; soweit aber solche Blüten vorkommen, sind sie sehr merkwürdig, weil nicht nur die blaßgrünen Kelchblätter, sondern zum Teil auch die blauen Kronblätter Pykniden tragen. Das entstehende Farbbild ist dann höchst merkwürdig, da die Pykniden als leuchtend gelbe Punkte in den blauen Kronblättern auftreten. Im übrigen haben wir hier einen der seltenen Fälle, in denen ein Rostpilz auf nicht chlorophyllhaltigen Pflanzenteilen fruktifiziert.

Die folgenden Ausführungen behandeln die Größenverhältnisse der auf *Vinca herbacea* auftretenden Sporen. Zunächst sind in Tabelle 1 die

Ergebnisse von 5 verschiedenen Messungen der Längen von je 200 Teleutosporen der *Puccinia anatolica* wiedergegeben; Abb. 5 zeigt die Häufigkeitskurven der gefundenen Werte, sowie die daraus berechnete Kurve der Mittelwerte.

Tabelle 1

Häufigkeit der Längenmaße von je 200 Teleutosporen der *Puccinia anatolica*

(Sporenmischungen aus Teleutolagern verschiedener Blätter)

Länge μ	Zahl der Sporen					Mittel
	Probe I	Probe II	Probe III	Probe IV	Probe V	
30,8	0	1	0	0	0	0,2
32,0	2	0	1	1	1	1,0
33,2	1	2	3	1	2	1,8
34,3	10	6	4	2	6	5,6
35,5	16	13	8	14	12	12,6
36,6	15	10	9	23	12	13,8
37,8	23	14	23	25	18	20,6
39	**47**	**43**	**29**	**33**	**38**	**38,0**
40,2	27	18	20	21	15	20,2
41,4	13	14	22	18	16	16,6
42,5	**28**	**33**	**32**	**26**	**25**	**28,8**
43,7	10	12	14	15	23	14,8
44,9	3	11	10	7	12	8,6
46	2	9	10	5	8	6,8
47,2	2	10	5	6	5	5,6
48,8	1	1	6	3	3	2,8
49,5	0	3	2	0	1	1,2
50,7	0	0	2	0	2	0,8
51,9	0	0	0	0	1	0,2
Gesamt	200	200	200	200	200	200
Mittelwert μ	39,4	40,5	41,0	40,2	40,7	40,4
Streuung	± 3,37	± 3,61	± 3,64	± 3,28	± 3,71	± 3,52

Danach schwankt die Länge der Teleutosporen zwischen 30 und etwas mehr als 50 μ. Die mittlere Länge beträgt durchschnittlich 40,4 μ mit einer Streuung von ± 3,52; jedoch kann dieser Wert insoweit zu irrigen Vorstellungen führen, als die Kurve zweigipfelig ist; der berechnete mittlere Längenwert fällt in das Tal, also zwischen die beiden Maxima, von denen das erste und stärkere bei 39 μ, das zweite und weniger hohe bei 42,5 μ liegt.

Nach den Messungen von Gäumann (2) liegen, wie die Abbildung 7 (S. 461) zeigt, keine zweigipfeligen Kurven vor; wohl dagegen deuten die in der gleichen Abbildung aufgenommenen neueren Werte von Karel (3) darauf hin, daß auch dieser Autor, allerdings ohne dies besonders zu erwähnen, eine zweigipfelige Kurve vor sich gehabt hat. Dies kann auch nicht anders sein, weil Karel letzten Endes mit dem gleichen Material gearbeitet hat wie ich selbst.

Bevor wir die von uns gefundenen Längenmaße der Teleutosporen mit den von Gäumann und Karel angegebenen Werten größenmäßig vergleichen, seien einige allgemeine Bemerkungen über die Fehlermöglichkeiten eines solchen Vergleiches vorausgeschickt. Volle Übereinstimmung zwischen unseren eigenen und den Werten der anderen Autoren ist schon deshalb nicht zu erwarten, weil Gäumann und Karel mit einem Größenintervall von 1,25 μ, wir selbst aber mit einem solchen von 1,17 μ arbeiten. Unsere Messungen sind mit Zeiß Planachromat 40 und Meßokular K 7 durchgeführt, wobei ein Teilstrich des Mikrometerokulars 3,9 μ, der geschätzte Zehntelteilstrich also 0,39 μ entspricht. Je 3 benachbarte Teilstriche wurden, um uns dem von den anderen Autoren benutzten Intervall von 1,25 μ

Tabelle 2

Zusammenfassung von je 3 benachbarten Meßwerten zur Ermittlung der Häufigkeitswerte bei Intervallen von 1,17 μ und Verschiebung der Häufigkeitswerte in Abhängigkeit von der Lage der Intervallmittelpunkte

(Sporen von Teleutolager 4 der späteren Tabelle 4)

Teilstrich Mikrometer	μ	Zahl der Sporen	Möglichkeit I	Möglichkeit II	Möglichkeit III
7,8	30,4	0			
7,9	30,8	0			0
8,0	31,2	0	1		
8,1	31,6	1		1	
8,2	32,0	0			1
8,3	32,4	0	1		
8,4	32,8	1		4	
8,5	33,2	3			5
8,6	33,5	1	5		
8,7	33,9	1		4	
8,8	34,3	2			6
8,9	34,7	3	16		
9,0	35,1	11		20	
9,1	35,5	6			26
9,2	35,9	9	27		
9,3	36,3	12		36	
9,4	36,6	15			38
9,5	37,0	11	35		
9,6	37,4	9		30	
9,7	37,8	10			38
9,8	38,2	19	52		
9,9	38,6	23		72	
10,0	39,0	30			70
10,1	39,4	17	55		
10,2	39,8	8		30	
10,3	40,2	5			14
10,4	40,6	1	7		
10,5	41,0	1		2	
10,6	41,4	0			2
10,7	41,7	1	1		
10,8	42,1	0		1	
10,9	42,5	0			0
11,0	42,9	0	0		
11,1	43,3	0			

anzunähern, zu einem Hauptintervall von 1,17 μ zusammengefaßt. Hierbei ergeben sich je nach der Wahl des als Mitte des Intervalls gewählten Zehntelteilstriches, also der jeweiligen Intervallfixpunkte, 3 verschiedene Möglichkeiten, die in Tabelle 2 zahlenmäßig berechnet und in Abb. 6 graphisch dargestellt sind.

Wir sehen, daß die verschiedene Lage der Intervallmittelpunkte, also

z. B. 9,8 Teilstriche = 38,2 μ (Möglichkeit I)
oder 9,9 „ = 38,6 μ („ II)
oder 10,0 „ = 39,0 μ („ III) usw.

sowohl die Höhe, wie den Verlauf der Häufigkeitskurve nicht unwesentlich beeinflussen und verschieben kann. Soweit also Messungen, die weder mit gleichen Messungsintervallen noch mit übereinstimmenden Fixpunkten im vorstehenden Sinne durchgeführt sind, in Vergleich gesetzt werden,



Abb. 9
Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. spec.
Große Form
(G-Typus, Sporenlager 3 der Tabelle 4)
Vergr. 190-fach

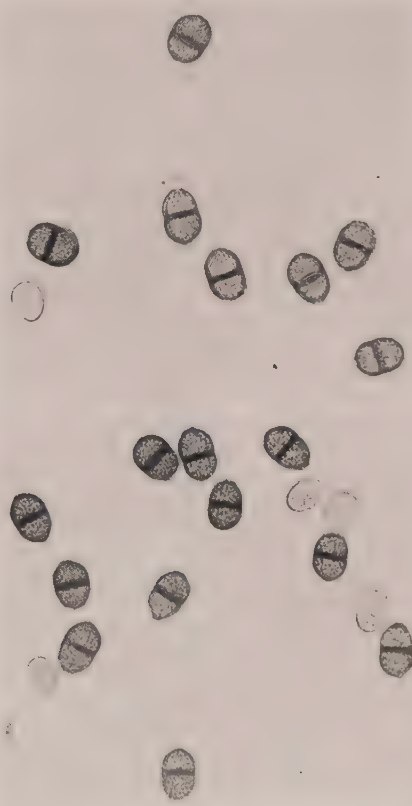


Abb. 10
Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. spec.
Kleine Form
(K-Typus, Sporenlager 1 der Tabelle 4)
Vergr. 190-fach

können wir auch nicht mit völliger Übereinstimmung rechnen und dürfen dementsprechend bei einem Vergleich der in verschiedener Weise gewonnenen Häufigkeitswerte und -kurven auch keinen zu strengen Maßstab anlegen.

In der auf S. 461 wiedergegebenen Abb. 7 sind die von uns gefundenen Häufigkeitswerte der Sporenlängen graphisch mit den entsprechenden Angaben von Gäumann und Karel in Vergleich gesetzt. Die Übereinstimmung unserer Kurve mit den Werten von Karel kann nach dem Vorstehenden als ausreichend angesprochen werden, auch wenn die Zweigipfeligkeit der nach Karel gezeichneten Kurve weniger auffällig ist. Verhältnismäßig gut ist auch die Übereinstimmung unserer Kurve mit *Puccinia vincae* (DC) Berk. auf *Vinca major*, während zu *Puccinia cribrata* Arth. et Cum. auf *Vinca minor* mit Sicherheit keine Beziehungen vorliegen. Die Teleutosporen des von Gäumann untersuchten Rostmaterials von *Vinca herbacea* aus Charkow stimmen dagegen mit dem von uns geprüften türkischen Sporenmaterial nicht ausreichend überein; die Sporen aus Charkow sind deutlich kürzer, auch fehlt in der Kurve der Häufigkeitswerte jede Andeutung von Zweigipfeligkeit. Die Frage der Zugehörigkeit des von Gäumann untersuchten Rostes von *Vinca herbacea* aus Charkow möchte

Tabelle 3

Zahl und Längenmaße der in den Abb. 8 (gemischt), Abb. 9 (G-Typus) und Abb. 10 (K-Typus) dargestellten Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. sp.

(Klassenintervall 1 μ)

Länge μ	Zahl der Sporen		
	Sporenmischung Abb. 8	Teleutolager mit G-Typus Abb. 9	Teleutolager mit K-Typus Abb. 10
32	1	0	0
33	0	0	0
34	0	0	0
35	0	0	1
36	1	0	4
37	4	0	2
38	1	0	3
39	1	0	5
40	4	1	3
41	2	0	0
42	5	1	0
43	1	1	0
44	2	0	0
45	1	4	0
46	0	4	0
47	3	1	0
48	0	0	0
49	1	3	0
Gesamt	27	15	18
Mittel μ	41,2	45,5	37,9

ich deshalb offen lassen, zumal Gäumann keine Uredosporen gefunden hat; in unserem Material ließen sich dagegen stets noch gewisse Beimengungen von Uredosporen in den Teleutolagern nachweisen, was verständlich ist, weil die Teleutosporen in früheren Uredolagern entwickelt werden.

Den Ausgangspunkt unserer weiteren Untersuchungen bildete die Feststellung, daß die Häufigkeitskurve der Sporenlängen nicht wie üblich eine einfache Maximumkurve darstellt, sondern 2 Maxima aufweist. Die für unsere

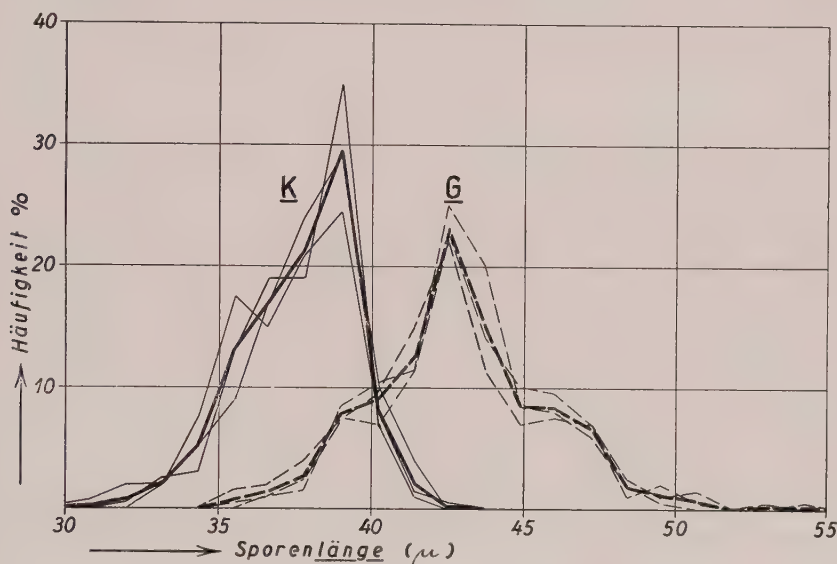


Abb. 11
Häufigkeitswerte der Sporenlängen von *Teleuto anatolica* aus Einzelpusteln.
Unterlagen siehe Tabelle 4 links und Mitte
Volle Linien: K-Typus, dünn: Sporenlager 1, 4, 11; stark: Mittelwerte.
Gestrichelte Linien: G-Typus, dünn: Sporenlager 3, 5, 16; stark: Mittelwerte

Messungen zunächst benutzten Teleutosporenpräparate waren in üblicher Weise durch Entnahme und Mischen der Sporen aus verschiedenen Rostlagern, auch von Lagern verschiedener Blätter, hergestellt. Abb. 8 zeigt die Sporen eines solchen Gemisches; bei der Durchsicht solcher Präparate fiel auf, daß ohne Übergänge oft größere und kleinere, mehr gedrungene Sporen durcheinander vorkommen. Dies legte im Verein mit der auffallenden Zweigipfeligkeit der Sporenlängenkurven die Vermutung nahe, daß zwei Arten von Teleutosporen, eine längere und eine kürzere gebildet werden, und daß das erste Maximum der zweigipfeligen Kurve bei 39 μ, dem Häufigkeitsmaximum der kleineren, das Maximum bei 42,5 μ dagegen dem Häufigkeitsmaximum der größeren Sporen entspricht.

Diese Vermutung erwies sich als richtig: der türkische Rost auf *Vinca herbacea* bildet tatsächlich in bestimmten Lagern nur

größere, in anderen nur kleinere und gedrungenere Teleutosporen aus. Abb. 9 zeigt Sporen aus einem Lager mit großen (G-Typus), Abb. 10 Sporen aus einem Lager mit kleineren Teleutosporen (K-Typus). Daneben gibt es Lager, die beide Sporengrößen enthalten; solche Lager haben offensichtlich keinen einheitlichen Ursprung, sondern sind durch das schon früher erwähnte Zusammenwachsen benachbarter Lager entstanden. Hieraus ergibt sich gleichzeitig, daß die beiden Sporenformen auf den gleichen Blättern neben- und durcheinander vorkommen; auch

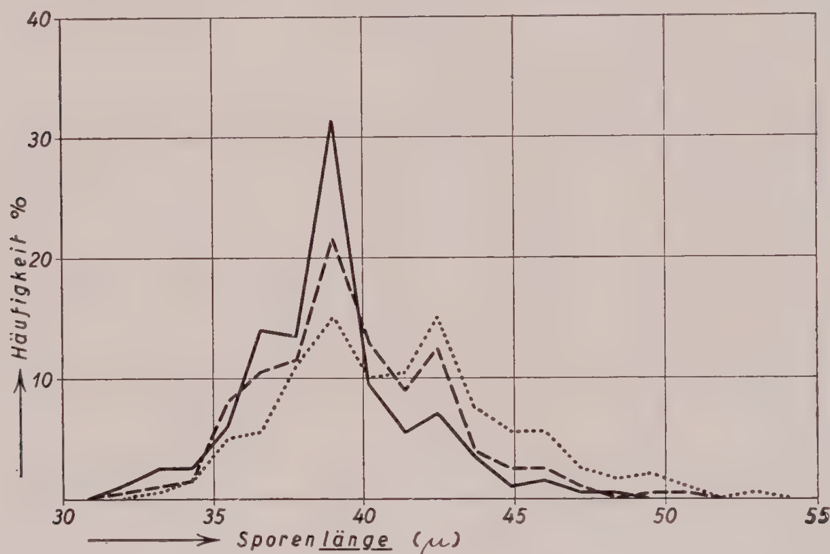


Abb. 12
Häufigkeitswerte der Sporenlängen von *Teleuto anatolica* aus 2 verschiedenen Rostlagern (7, 9, 12), die in offensichtlich verschiedenem Zahlenverhältnis aus Sporen des G- und K-Typus zusammengesetzt sind.
Unterlagen siehe Tabelle 4

Sporenlager mit reinem G- und reinem K-Typus treten zusammen auf derselben Pflanze und demselben Blatt auf.

Das Ausmessen der in den Abb. 8 bis 10 mikrophotographisch dargestellten Sporen ergibt die in Tabelle 3 wiedergegebenen Werte. Die Sporen des K-Typus haben eine durchschnittliche Länge von 37,9 μ, die des G-Typus eine solche von 45,5 μ; die Längenwerte der in Abb. 8 wiedergegebenen gemischten Sporen aus verschiedenen Lagern liegen mit einem Durchschnitt von 41,2 μ ziemlich genau in der Mitte zwischen denen des K- und G-Typus.

Die folgende Tabelle 4 unterrichtet genauer über die Häufigkeitswerte der einzelnen Sporenlängen bei 3 Teleutolagern mit reinem K-Typus, 3 Teleutolagern mit reinem G-Typus sowie 3 Teleutolagern, die in offen-

Tabelle 4

Häufigkeit der Längenmaße von je 200 Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. sp. aus Einzel-Teleutolagern

Sporenlänge	Lager mit reinem Typus G Nr.			Lager mit reinem Typus K Nr.			Lager mit beiden Sporentypen Nr.		
μ	3	5	16	1	4	11	7	9	12
30,8	0	0	0	1	0	0	0	0	0
32,0	0	0	0	4	1	0	2	1	0
33,2	0	0	0	4	5	4	5	2	1
34,3	0	0	0	15	6	10	5	3	3
35,5	0	1	3	35	26	18	12	16	10
36,6	2	2	4	30	38	34	28	21	11
37,8	3	5	8	42	38	48	27	23	22
39,0	17	15	15	**49**	**70**	**58**	**63**	**43**	**30**
40,2	21	14	19	16	14	20	19	26	20
41,4	23	23	30	3	2	8	11	18	21
42,5	**45**	**50**	**44**	1	0	0	**14**	**25**	**30**
43,7	28	40	23	0	0	0	7	8	15
44,9	20	17	14	0	0	0	2	5	11
46,0	19	16	15	0	0	0	3	5	11
47,2	14	12	14	0	0	0	1	2	5
48,4	2	4	5	0	0	0	1	0	3
49,5	4	1	2	0	0	0	0	1	4
50,7	1	0	3	0	0	0	0	1	2
51,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
53,0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
54,2	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gesamt	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Mittel	43,1	42,9	42,8	37,3	37,6	37,9	38,9	39,7	41,2
Streuung	± 2,79	± 2,54	± 3,14	± 2,04	± 1,74	± 1,81	± 2,74	± 3,25	± 3,64

sichtlich wechselndem Mischungsverhältnis aus Sporen der G- und K-Typen zusammengesetzt sind. Von 16 insgesamt untersuchten Teleutolagern zeigten 5 reinen G-Typus, 3 reinen K-Typus, während 8 beide Typen aufwiesen.

Nach den in Tabelle 4 (links und Mitte) zusammengestellten Messungen schwankt die Sporenlänge des K-Typus zwischen 30 und etwa 41 μ, die des G-Typus zwischen 35,5 und etwas über 50 μ; die Mittelwerte betragen 37,3—37,9 bezw. 42,8—43,1 μ. Das Häufigkeitsmaximum des K-Typus liegt bei 39 μ, das des G-Typus bei 42,5 μ: diese Werte stimmen tatsächlich genau mit der Lage der beiden, bei der Untersuchung von Sporengemischen festgestellten Maxima überein. Abb. 11 zeigt den vollständigen Verlauf der Häufigkeitskurven der Sporen des K- und G-Typus; aus der Kombination beider Kurven würde eine Kurve resultieren, die durchaus der bei der Untersuchung von Sporengemischen festgestellten zweigipfeligen Kurve entpricht.

Die obige Tabelle 4 enthält in ihrem rechten Teil noch die Messungen der Sporen von 3 Teleutolagern, die offensichtlich beide Sporentypen ent-

halten; Abb. 12 zeigt den Verlauf der Häufigkeitskurven in graphischer Darstellung. Das Bild der 3 Kurven ist etwas verschieden. Sporenlager 7 (volle Kurve) muß nach dem Kurvenverlauf zu urteilen überwiegend Sporen des K-Typus enthalten; denn das Maximum bei 39 μ ist besonders hoch, das zweite Maximum bei 42,5 μ aber nur schwach angedeutet. Bei Sporenlager 12 (punktierte Kurve) liegen beide Maxima gleich hoch; da der G-Typus kein so hohes Maximum besitzt wie der K-Typus, müssen wir schließen, daß das Lager 12 überwiegend aus Sporen des G-Typus besteht. Sporenlager 9 (gestrichelte Kurve) zeigt einen Kurvenverlauf, der auf annähernd gleichmäßige Zusammensetzung aus K- und G-Sporen hinweist.

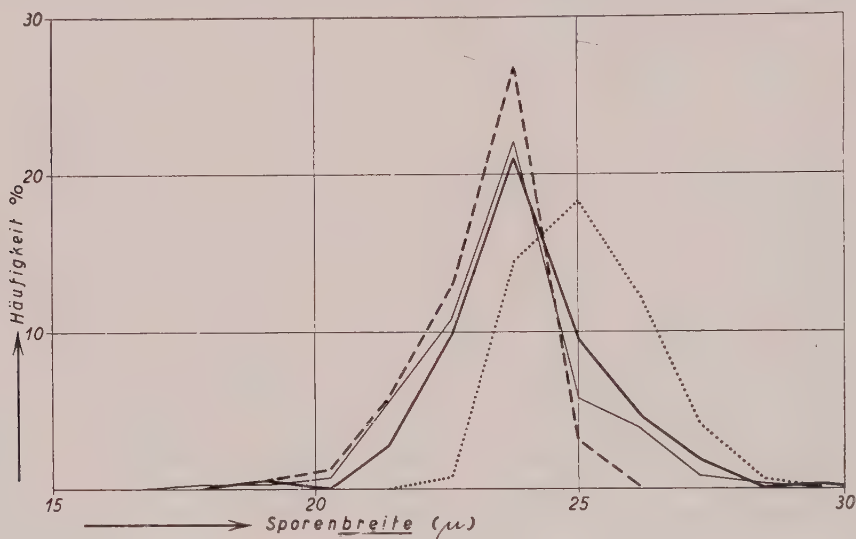


Abb 13
Häufigkeitswerte der Sporenbreiten von *Teleuto anatolica* aus Sporengemischen und aus Einzelpusteln
Volle Linien: Sporengemische I und II.
Gestrichelte Linie: Sporen aus Lager 3 (G-Typus).
Punktierte Linie: Sporen aus Lager 4 (K-Typus).
Unterlagen siehe Tabelle 5

Nicht nur in den Längen, sondern auch in den Breitenverhältnissen liegen Unterschiede zwischen den Sporen des G- und K-Typus vor. Tabelle 5 enthält die Breitenmaße der Sporen aus Gemischen sowie der Sporen des G- und K-Typus; die Häufigkeitskurven sind in Abb. 13 dargestellt.

Die Teleutosporen des K-Typus sind also nicht nur kürzer, sondern mit durchschnittlich 25,1 μ auch breiter, also gedrungener als die Sporen des G-Typus, die bei gleichzeitig größerer Länge eine durchschnittliche Breite von 23,2 μ erreichen. Die Scheitelpunkte der Breitenkurven liegen bei den K-Sporen bei 25 μ, bei den G-Sporen bei 23,8 μ. Die in den

Tabelle 5
Häufigkeit der Breitenmaße von je 200 Teleutosporen der *Puccinia anatolica* n. sp. aus üblichen Sporengemischen (links) und aus Einzel-Teleutolagern (rechts)

Breite μ	Sporenmischung aus verschiedenen Lagern verschiedener Blätter		Sporen aus Einzellagern	
	Probe I[1]	Probe II[1]	Lager 3[2] (G-Typus)	Lager 4[2] (K-Typus)
17,9	0	1	0	0
19,1	2	1	2	0
20,3	0	3	5	0
21,4	11	22	23	0
22,6	39	43	51	3
23,8	**84**	**88**	**107**	58
25,0	38	23	12	**73**
26,2	18	15	0	48
27,3	7	3	0	16
28,5	0	1	0	2
29,6	1	0	0	0
Gesamt	200	200	200	200
Mittel	24,0	23,7	23,2	25,1
Streuung	± 1,48	± 1,49	± 1,11	± 1,17

beiden untersuchten Sporengemischen gefundenen Werte bewegen sich mit einer durchschnittlichen Breite von 24,0 und 23,7 μ zwischen den entsprechenden Werten der K- und G-Sporen.

In gleicher Weise wie die Teleutosporen scheinen sich nun auch die Uredosporen bezüglich ihrer Größenverhältnisse in 2 Gruppen teilen zu lassen; auf jeden Fall gibt es Uredolager mit kleineren und solche mit größeren Uredosporen. In der folgenden Tabelle 6 sind neben den in üblicher Weise durch willkürliche Entnahme von Sporen aus verschiedenen Pusteln gewonnenen Sporengemischen wieder auch Sporen aus Einzellagern zur Untersuchung gekommen. Von insgesamt 14 Einzelpusteln (a—o) zeigten 4 übereinstimmend kürzere, 5 übereinstimmend längere Uredosporen: die Sporen der übrigen Lager zeigten Längenwerte zwischen diesen Extremen und sind deshalb in der folgenden Zusammenstellung nicht mit berücksichtigt. Ob es sich bei den letzteren ausnahmslos um echte „gemischte“, also aus zusammengewachsenen Uredolagern mit kürzeren oder längeren Sporen zusammengesetzte Pusteln handelt, läßt sich schlecht entscheiden, da gerade bei Uredosporen leicht auch mechanische Vermischungen beim Einsammeln und Aufbewahren des Materials vorkommen können.

[1]) Siehe Tabelle 1, Seite 463.
[2]) Siehe Tabelle 4, Seite 469.

Nach den in Tabelle 6 wiedergegebenen Messungen beträgt die durchschnittliche Länge der kurzen Uredosporen (Einzellager a, f, m) 30,5, 30,4 und 30,1 = 30,3 μ, die der längeren Uredosporen (Lager d, e, o) 33,7, 34,0 und 33,7 = 33,8 μ. Die Länge der Uredosporen von Sporengemischen (I und II) liegt mit 31,1 bzw. 31,9 μ zwischen den vorstehenden Werten.

Die Frage, ob Uredolager mit längeren Uredosporen später Teleutolager des G-Typus liefern und umgekehrt, läßt sich bis jetzt nur auf indirektem Wege beantworten, da sich aus Lagern, die in einem Teil Uredo- in einem anderen Sektor gleichzeitig Teleutosporen zeigen, deshalb keine zuverlässigen Schlüsse ziehen lassen, weil es sich um zusammengesetzte Lager handeln kann. Die in solchen Lagern Ende April—Anfang Mai oft zu beobachtende scharfe Trennung zwischen einem schon voll entwickelten dunklen Teleutoteil und einem noch helleren Uredoteil spricht gegen die Einheitlichkeit solcher Lager. Wohl dagegen dürfte der Quotient große : kleine Sporen einen Hinweis geben, daß Lager mit großen Uredosporen später auch große Teleutosporen erzeugen. Dieser Quotient beträgt bei den Teleutosporen $\frac{42,9}{37,6} = 1,14$, bei den Uredosporen $\frac{33,8}{30,3} = 1,12$, zeigt also gute Übereinstimmung. Hinzu kommt, daß die großen Uredosporen ebenso wie die großen Teleutosporen eine etwas geringere Breite zeigen

Tabelle 6

Häufigkeit der Längenmaße von je 200 Uredosporen der *Puccinia anatolica* n. sp. aus Sporengemischen und Einzel-Uredolagern

Sporenlänge μ	Sporengemische		Einzellager					
	A	B	a	d	e	f	m	o
23,8	2	0	0	0	0	0	2	0
25,0	1	2	0	0	0	3	2	0
26,1	3	0	1	0	0	0	3	0
27,3	16	8	8	1	0	15	26	1
28,5	22	14	26	2	0	28	29	2
29,6	34	28	38	8	6	42	34	5
30,8	**40**	**44**	**78**	25	15	**56**	**48**	28
32,0	34	32	30	26	22	32	34	27
33,2	15	23	15	30	43	16	15	34
34,3	13	20	4	37	46	7	6	38
35,5	13	20	0	**50**	**50**	1	1	**43**
36,7	4	6	0	11	12	0	0	11
37,8	1	2	0	8	3	0	0	5
39,0	2	0	0	2	2	0	0	5
40,2	0	1	0	0	1	0	0	1
Gesamt	200	200	200	200	200	200	200	200
Mittel	31,1	31,9	30,5	33,7	34,0	30,4	30,1	33,7
Streuung	±2,69	±2,62	±1,54	±2,22	±1,90	±1,88	±2,11	±2,26

wie kleine Sporenformen. Bei den Teleutosporen war die große Form 23,2 μ, die kleine 25,1 breit; bei den Uredosporen liegen die entsprechenden Werte auf Grund hier nicht im einzelnen aufgeführter Messungen bei 21,1 μ und 24,2 μ.

Die Feststellung, daß die Uredo- und Teleutolager des auf *Vinca herbacea* in der Türkei vorkommenden Rostes, abgesehen von offensichtlich zusammengewachsenen Rostpusteln, entweder kleinere oder größere Sporen enthalten, hat zunächst natürlich für die Beurteilung und Diagnose dieses *Vinca*-Rostes Bedeutung. Darüber hinaus aber erscheinen diese Beobachtungen insoweit von allgemeinerem Interesse, als sie zeigen, daß es morphologisch unterscheidbare Rassen eines Rostpilzes gibt, deren Entstehung wir wohl mit Recht in den bei der Spermatienübertragung vorliegenden Befruchtungsvorgängen suchen müssen. Für eine zahlenmäßige Klarstellung der Vererbungsverhältnisse sind die vorliegenden Ergebnisse unzureichend; soweit sich bisher sagen läßt, scheinen Lager mit großen und mit kleinen Sporen in ungefähr gleichem Zahlenverhältnis aufzutreten.

Die Ergebnisse der Untersuchungen werfen schließlich auch ein Licht auf den Wert der neuerdings mehr und mehr in Aufnahme kommenden biometrischen Untersuchungen. Diese geben in der Tat ein sehr feines und sicheres Merkmal ab, wenn es sich darum handelt, nah verwandte Pilze auf Grund morphologischer Merkmale schärfer zu unterscheiden. Gleichzeitig weisen die vorstehenden Feststellungen darauf hin, daß es unter Umständen zweckmäßig oder auch notwendig sein kann, die bisher übliche Feststellung der Sporengröße von willkürlichen und zufälligen Sporengemischen durch die Prüfung des Sporenverhaltens einzelner Sporenlager zu ersetzen und zu verfeinern. Dies scheint besonders für solche Fälle wünschenswert, in denen zweigipfelige Kurven auftreten oder die Streuung in den Ablesungswerten besonders hohe Werte aufweist.

Zusammenfassung

Der in Anatolien auftretende Rost auf *Vinca herbacea* W. et K. stellt eine perennierende Rostart dar, die charakteristische Veränderungen im Habitusbild der Wirtspflanze bedingt. Wegen ihres eigenartigen Auftretens sowie wegen des Vorkommens von zweierlei Arten Uredo- und Teleutosporen, die sich in Aussehen und Größenverhältnissen von einander unterscheiden lassen, ist der auf *Vinca herbacea* W. et K. in der Türkei auftretende Rost als besondere Art *Puccinia anatolica* n. spec. abgetrennt. Bezüglich Einzelheiten des Auftretens sei auf die Textausführungen verwiesen.

Was die Größenverhältnisse der Uredo- und Teleutosporen anbetrifft, so werden in getrennten Lagern entweder längere und weniger breite oder kürzere und breitere Sporen erzeugt. Außerdem kommen Lager vor, die offensichtlich aus zwei Lagern mit verschiedenen Sporen zusammen-

gewachsen sind. Die großen Uredosporen haben eine Länge zwischen 27 und 40 μ, im Durchschnitt 33,8 μ bei einer durchschnittlichen Breite von 21,1 μ; die kleinen Uredosporen haben eine Länge zwischen 24 und 35 μ, im Durchschnitt 30,3 μ bei einer durchschnittlichen Breite von 24,2 μ. Die großen Teleutosporen haben eine Länge zwischen 36 und 54 μ, im Durchschnitt 42,9 μ bei einer Breite von 19 bis 25, durchschnittlich 23,2 μ. Die kurzen Teleutosporen haben eine Länge zwischen 31 und 42 μ, im Durchschnitt 37,6 μ bei einer Breite von 23 bis 29 μ, durchschnittlich 25,1 μ. Soweit sich bisher sagen läßt, treten Lager mit großen und kleinen Sporen annähernd im gleichen Zahlenverhältnis auf.

Mit der Feststellung formmäßig und in den Größenverhältnissen verschiedener Uredo- und Teleutosporen erscheint eine sich durch morphologische Merkmale offenbarende Rassenbildung bei diesem *Vinca*-Rost nachgewiesen.

Schriftenverzeichnis

1. Arthur und Cummins. Ann. mycol., **31**, 1933, S. 42.
2. Gäumann, E. Über die Nomenklatur zweier Rostpilze. Phytopathologische Zeitschrift, **12**, 1939, S. 229.
3. Karel, G. Über den Rost von *Vinca herbacea*. Phytopathologische Zeitschrift, 1943.
4. Krause, Kurt. Ankaranin Flora, 2. Aufl., Ankara, 1937.
5. Sydow, P. et H. Monographia Uredinearum, I, Leipzig 1904, S. 338.

Aus dem Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Biologie der Fahlberg-List A.-G., Magdeburg Südost
Leitung: Prof. Dr. Gaßner

Einleitende Versuche über Rassenbildung bei *Uromyces Fabae* (Pers.) de By

Von

Josip Kišpatić

Mit 5 Abbildungen

Der Pferdebohnen- oder Ackerbohnenrost, *Uromyces Fabae* (Pers.) de By, hat ein dem Umfang des Ackerbohnenbaues in den verschiedenen Ländern entsprechendes großes Verbreitungsgebiet (Muratova, 5); vor allem in wärmeren Ländern scheint der Ertrag der Ackerbohnen ernstlich in Mitleidenschaft gezogen zu werden, wenn ein starker und frühzeitiger Befall zu einem vorzeitigen Abtrocknen der Blätter führt.

Uromyces Fabae wird nicht nur als Parasit der Ackerbohnen, sondern auch zahlreicher anderer *Vicia*-, *Lathyrus*- und *Lens*-Arten sowie von *Pisum sativum* angegeben (vgl. Sydow, 7). Seine Spezialisierungsverhältnisse sind noch nicht restlos geklärt. Nach Jordi (4) müssen wenigstens 3 verschiedene Formen unterschieden werden, von denen die auf *Vicia Faba* und *Pisum sativum* auftretende im folgenden besonders interessiert; eine zweite wird für *Lathyrus vernus* und wahrscheinlich auch *Pisum sativum* und eine dritte für *Vicia cracca*, *Pisum sativum* und *Vicia hirsuta* angegeben. Eine auf *Lathyrus montanus* vorhandene weitere Form wird als eigene Art *Uromyces Orobi* (Pers.) Lév. angesprochen und von der eigentlichen *Uromyces Fabae* abgetrennt.

Auf Grund eigener Infektionsversuche und einer Arbeit von Hiratsuka (9) hat Gäumann (8) vorgeschlagen, den Wirtskreis des *Uromyces Fabae* auf die Gattungen *Vicia* und *Pisum*, und denjenigen des *U. Orobi* auf die Gattung *Lathyrus* zu beschränken. Nach Gäumann bestehen entgegen der Annahme von Jordi (4) keine festen morphologischen Unterschiede zwischen diesen zwei Arten, so daß das biologische Verhalten in den Vordergrund tritt. Deswegen wird *Uromyces Fabae* in sechs *formae speciales* geteilt, von denen uns hier die *f. sp. vicia fabae* interessiert, die auf *Vicia Faba* und *Pisum sativum* übertragbar ist.

Aus den Berichten der Wertprüfung mit Felderbsen und Ackerbohnen (1) und aus dem Bericht über die Ergebnisse der Landessorten-

versuche mit Ackerbohnen und Erbsen des Reichsnährstandes (2) wissen wir, daß zwischen den verschiedenen Ackerbohnensorten Unterschiede der Anfälligkeit vorliegen. Es handelt sich hierbei ausschließlich um Feldbeobachtungen, dagegen fehlen bis jetzt Untersuchungen über das Vorhandensein biologischer Rassen beim Pferdebohnenrost und über das Resistenzverhalten der Ackerbohnensorten gegen solche Rassen. Die folgenden Untersuchungen stellen einen Versuch dar, die Frage der Rassenbildung von *Uromyces Fabae* zu klären. Zur Verfügung standen 3 verschiedene Herkünfte von *Uromyces Fabae* sowie 14 verschiedene Ackerbohnensorten. Von den Rostherkünften stammte Nr. 1, bezeichnet als W, von der Bayer. Landessaatzuchtanstalt, Weihenstephan, Nr. 2, bezeichnet als S, von der Saatzuchtwirtschaft Strube, Schlanstedt, und Nr. 3, bezeichnet als D, von der Firma Gebr. Dippe A. G., Quedlinburg. Die geprüften Ackerbohnensorten sind:

1. Rosenhofer Feldbohne
2. Füllbergs Hochzucht-Feldbohne
3. Lohmanns Weender Feldbohne
4. Herz Freya Ackerbohne
5. Butjadinger Ackerbohne
6. Lüneburger Feldbohne
7. Wadsacks Kleine Thüringer Pferdebohne
8. Rastatter Ackerbohne Stamm 1
9. Rastatter Ackerbohne Stamm 8
10. Rastatter Ackerbohne Stamm 68
11. Dr. Franck's Hohenloher Ackerbohne
12. Breustedts Schladener Kleine Feldbohne
13. Original Mansholt Wierboonen (Marschbohne)
14. Strubes Schlanstedter Ackerbohne

Die Versuche sind im Herbst 1942 begonnen und haben im Frühjahr 1943 einen vorläufigen Abschluß gefunden. Zunächst wurden die erhaltenen Rostproben auf Strubes Schlanstedter Ackerbohne vermehrt und von dieser Vermehrung nach der von

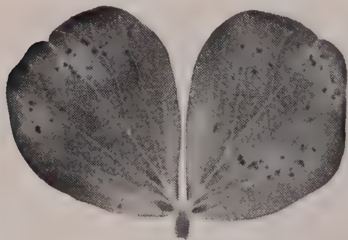


Abb. 1
Infektionstypus 0,
nur schwärzlich-nekrotische Flecken.
Aufnahme in durchfallendem Lichte



Abb. 2
Infektionstypus I = resistent,
vereinzelt kleine Pusteln
in grünschwärzlichen Flecken

Pieschel (6) beschriebenen Methode Einzelsporenisolierungen vorgenommen. Die jeweils mit einer einzelnen Spore beimpften Blätter wurden mit Tusche bezeichnet und die Pflanzen dann auf 48 Stunden im

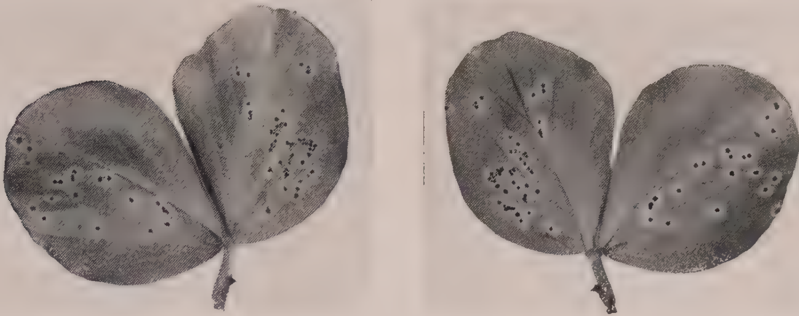


Abb. 3
Infektionstypus III = mäßig anfällig,
Uredolager in hellverfärbten Blattstellen, links Blattoberseite, rechts Blattunterseite

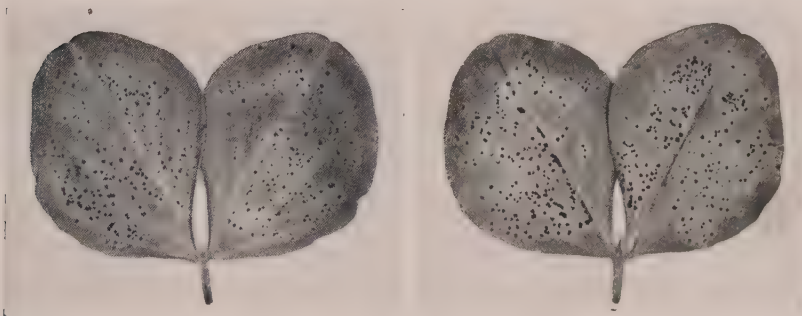


Abb. 4
Infektionstypus IV = hoch anfällig,
Rostpusteln zunächst ohne wesentliche Verfärbungen der Blattflächen.
Links Blattoberseite, rechts Blattunterseite

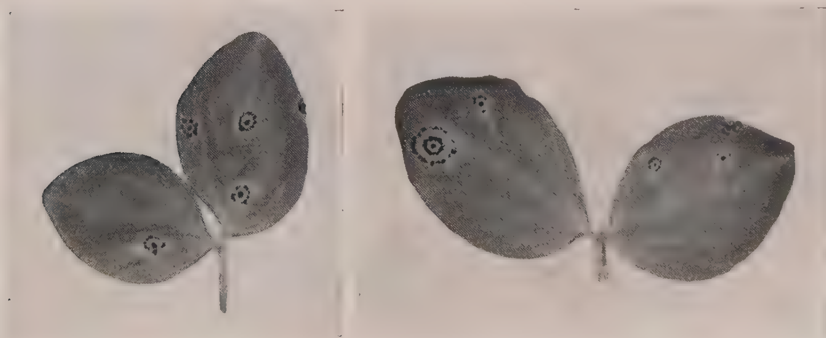


Abb. 5
Typus IV+ = kreisförmige Folgefruktifikationen
bei vereinzeltem Auftreten von Typus IV

gut beleuchteten Gewächshaus in die feuchte Kammer gestellt. Danach standen die Pflanzen zunächst frei und wurden erst wieder vor dem Durchbruch der Pusteln mit Glocken bedeckt, damit eine unerwünschte Vermischung der einzelnen Pusteln nicht erfolgen konnte. Pieschel hat seinerzeit bei Getreiderostimpfungen Ergebnisse erhalten, die zwischen 1,5 % der durchgeführten Isolierungen (für Schwarzrost) und 21 % (für Braunrost) schwankten. In unseren Untersuchungen sind rund 10 % der Einzelsporenisolierungen angegangen. Insgesamt wurden 7 Schlanstedt-(S_1 bis S_7), 5 Quedlinburg-(D_1 bis D_5) und 4 Weihenstephan-(W_1 bis W_4) Einzelsporenlinien erhalten.

Von den so gewonnenen Einzelsporenlinien wurden zunächst unter den üblichen Vorsichtsmaßnahmen Vermehrungen hergestellt, mit denen dann die Prüfung des weiter oben angegebenen Ackerbohnen-Sortiments erfolgte. Auch hier wurden die Pflanzen nach der Impfung, die gleichzeitig auf Blattober- und Blattunterseite vorgenommen wurde, zunächst unter Glocken gehalten, wobei jedoch auf Grund besonderer Vorversuche nur eine Bedeckungszeit von 24 Stunden als völlig ausreichend angewendet wurde. Der erste Versuch wurde am 14. bis 17. Februar, der Wiederholungsversuch am 1. bis 3. März angesetzt. Die Temperatur schwankte während der Versuche beim ersten zwischen 17 und 21°, beim zweiten zwischen 19 und 20°. Die erste Ablesung erfolgte 18 Tage, die zweite 20 Tage nach vorgenommener Impfung. Der folgenden Tabelle sind stets die Ergebnisse der zweiten Ablesung zugrunde gelegt. Die Zahl der Pflanzen betrug in jeder Versuchsreihe nach Möglichkeit 3, in vereinzelten Fällen waren jedoch nur 2 der ausgelegten Samen zur Entwicklung gekommen. Bei anfälligen Sorten zeigten sich nach etwa 7 bis 10 Tagen weißliche Flecken auf den geimpften Blättern, die sich in den nächsten Tagen rostgelb verfärbten. Nach 3 bis 4 weiteren Tagen pflegen die Uredopusteln durchzubrechen. Die Fruktifikationsdauer beträgt also unter den angewendeten Temperaturverhältnissen 11 bis 14 Tage.

Für die Beurteilung des Infektionsergebnisses wurde in üblicher Weise der Infektionstypus zugrunde gelegt, zumal die Zahl der Uredopusteln mehrfach Schwankungen aufwies, die auf unvermeidlichen Verschiedenheiten bei der Aufbringung des Impfmaterials beruhen. Es zeigte sich außerdem, daß die gleichzeitige Beimpfung von Blattober- und Blattunterseite gegenseitige Störungen auslösen kann, die den Infektionstypus unter Umständen nicht klar hervortreten lassen. Bei den in Aussicht genommenen weiteren Versuchen soll deshalb die Impfung auf die Blatt o b e r seite beschränkt werden. Die folgenden Versuche sind jedoch noch ausnahmslos mit Doppelbeimpfung von Blattober- und Blattunterseite durchgeführt. Bei dieser Gelegenheit sei erwähnt, daß die Blätter von *Vicia Faba* Spaltöffnungen sowohl auf der Blattober- wie auf der Blattunterseite haben. Nach vorgenommenen Messungen wurden bei ausgewachsenen Blättern

auf der Blattoberseite etwa 100, auf der Unterseite etwa 300 Spaltöffnungen je qmm gezählt.

Was den Infektionstypus anbetrifft, so mußte das bei Getreiderostpilzen übliche Schema (Gaßner und Straib, 3) etwas abgeändert werden.

Es bedeutet:

- i = frei von Befall. Blatt völlig gesund, keine Flecken- oder Pustelbildung.
- 0 = hochresistent, keine Pustelbildung, nur kleinere oder größere grünschwärzliche Flecken oder Verfärbungen der Blattfläche (Abb. 1). Diese dunklen Verfärbungen kommen dadurch zustande, daß die Palisaden- und Parenchymzellen des inneren Blattes durch den eindringenden Pilz abgetötet werden, wobei die Membranen eine bräunliche Farbe annehmen. Sie sind gegen konzentrierte Schwefelsäure widerstandsfähig, also möglicherweise verkorkt.
- I = resistent, vereinzelt kleine Pusteln in kleineren oder größeren grünschwärzlichen Flecken (Abb. 2).
- II = mäßig resistent. Übergang von I zu III, kleine Pusteln in chlorotischen, allmählich nach außen verlaufenden Höfen.
- III = mäßig anfällig, zahlreiche über das ganze Blatt gleichmäßig verteilte kleine bis mittelgroße Uredolager, meist in leicht hell verfärbten Blattstellen oder Blattflächen (Abb. 3).
- IV = hochanfällig, starke und gleichmäßig über das ganze Blatt verteilte Rostpustelausbrüche, zunächst ohne wesentliche Verfärbungen der Blattfläche (Abb. 4).
- IV+ = Typus IV, jedoch mit Folgefruktifikation; diese beginnt mit einem sichtbaren chlorotischen Hof, an dessen Außenrand sich in kranzförmiger Anordnung neue Uredolager bilden (Abb. 5). Meist kommt es dann noch zu einer zweiten, unter Umständen auch zu einer dritten Folgefruktifikation, die ebenfalls wieder kreisförmig um die bereits vorhandenen angelegt werden.

Wie die vorstehenden Ausführungen zeigten, ist das Bild wohl grundsätzlich dem für Getreiderostpilze beschriebenen Bild der Infektionstypen ähnlich. Unterschiede liegen in den grünschwärzlichen Verfärbungen bei Typus 0 und I, die bei Getreide fehlen, sowie in dem Auftreten von Folgefruktifikationen mit kreisförmiger Anordnung der sekundären und tertiären Uredolager. Da diese Folgefruktifikationen ein besonders typisches Merkmal sind, haben wir ihnen eine besondere Bezeichnung IV+ gegeben. Typus IV stellt also unter Umständen, d. h. bei weiter Entfernung der Einzelpusteln ein Übergangsstadium zu IV+ dar; soweit der Typus IV+ nicht erreicht wird, steht der Typus IV zwischen Typus III und IV+. Bei Typus III werden niemals Folgefruktifikationen beobachtet.

Die Ergebnisse der Infektionsversuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt. Vielfach wurden bei dem gleichen Sortenmaterial Schwankungen des Infektionstypus beobachtet, die dann getrennt angeführt sind. Wenn eine der hier wiedergegebenen Zahlen eingeklammert ist, so bedeutet dies, daß von den 3 Versuchspflanzen nur eine diesen abweichenden Infektionstypus zeigte.

Auf Grund der Ergebnisse läßt sich sagen, daß keine der geprüften Sorten gegenüber *Uromyces Fabae* immun ist, und daß die Zahl der Fälle

Tabelle 1

Infektionsbild von 16 verschiedenen Einspor-Linien

Sorte	Versuchsreihe	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7
1	A	4+	4	4+	0—1	4+	3	4+
	B	4+	4+	4+	3—4	(2—3), 4+	(3—4), 4+	4+
2	A	4+	4	0, 1, 3	1, 3	4+	3—4	4+
	B	4+	(2—3), 4+	2—3, 4, 4+	4+	4—4+	4—4+	4+
3	A	4+	4	4+	3—4	4+	4+	3—4
	B	4+	4+	2 - 3, 4, 4+	4+	4+	4+	4+
4	A	4+	(2—3), 3	(3), 4	3	4+	4	3—4
	B	4+	4+	4+	4+	4+	4	4+
5	A	4+	4	1—2	1	3- 4	3	4+
	B	4+	4	2—3	2	4	4	4+
6	A	4+	(1—2), 3	4	3—4	4	3—4	fehlt
	B	4+	3—4	4+	4+	3, 4+	4+	4+
7	A	4+	4	4	4	4+	4	4+
	B	4+	4+	4	4+	4+	4+	4+
8	A	3, 4	4	1, 3, 4	(2), 3	4+	4	3—4
	B	4+	4+	4+	4+	3—4	4	4+
9	A	4	3—4	3—4, (4+)	4	4	3	4+
	B	4	4	4+	(3), 4	4	4	4+
10	A	4+	4	4+	4	4	4	4+
	B	4	4+	4+	4+	4+	4+	4+
11	A	4+	3—4	1, (2)	1, 3	4+	4	3, (4)
	B	4+	4	4	4	3	4+	3, (4+)
12	A	3, 4	3—4	3	3	3 - 4	4	3—4
	B	4	4	4+	4+	4	4+	4
13	A	4+	3	4	3, 4	4+	4	4+
	B	4+	2	4	3, 4+	4+	4+	4
14	A	4+	4	4+	4	4	4	4+
	B	4+	4+	4+	4+	4+	4+	4+

Versuchsreihe A: 14.—17. Februar 1943 geimpft

von *Uromyces Fabae* auf 14 Ackerbohnensorten

D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	W_1	W_2	W_3	W_4
2—3 3—4	3—4 4, 4+	3 4, 4+	1 4	4 4+	(2), 4 3	3—4 4+	4+ 4+	3 4+
4 4+	4+ 4+	3 – 4 4	1, 3 2—3	4+ 4+	2, 3 2 – 3, (4+)	3 2, (3)	4+ 4+	3 4+
3 4+	4+ 4+	4 4+	4 4+	3—4 4+	4 4+	4 4+	4 4+	3—4 4+
3—4 3 - 4	4+ 4	3 4+	(2), 4 3—4	(2 – 3), 4 (2—3), 4+	2—3 1, 4	(2—3), 4 4	3 3—4	2—3 4+
4 4	4+ 4+	4+ 4+	2 1	4 4, 4+	(2), 4 2	1 3—4	1, 4 2—3	3 4+
4 4+	4+ 4+	4+ 4+	4+ 4+	4+ 4	(2), 3—4 4+	4 4+	2, 4 4+	3 4+
4 4	4+ 4	4 4+	4 4	4 4+	2—3 4+	3—4 4+	3 4, 4+	4 4+
3 4+	4 4+	2 – 3 4+	2 – 3 4	4 4	2—3 2, 4+	4 (3), 4	3 3, 4	3 3, 4
fehlt 4+	4 4	4 4	3, (4) 2, (4)	4 4+	4 3	4 3	4+ 4+	3 – 4 3—4
3 4+	(2—3), 4 4	3, 4 3, 4+	2, 4+ 3, (4+)	2, 4 3, 3 - 4	(1), 3—4 2, 4	3—4 4	3 3	3 4+
4+ 4+	3 4	3, 4 3 – 4	1, 2, 4 2—3 4	4 4	0—1 4+	2 2—3	1, (4+) 3	3 3
4 4+	4 4+	3 4+	4 4+	3 - 4 4	4 4	3 4	4 3—4	3—4 4+
3—4 4+	4 4+	1, 3 4+	4+ 4	4 4	3 4+	2 - 3 4	3 4+	4 4+
4 4+	4+ 4+	3, 4+ 4+	4+ 4	4+ 4+	4 4+	4 4+	4+ 4+	4 4+

Versuchsreihe B: 1.—3. März 1943 geimpft

in denen niedrige, also resistente Infektionstypen auftreten, verhältnismäßig gering ist. Ein Vergleich der mit gleichen Rostherkünften und gleichen, aus diesen isolierten Einsporlinien durchgeführten Versuche zeigt, daß der Ackerbohnenrost ebenfalls Rassen besitzen muß. So zeigen z. B. die Herkünfte S_1, S_6 und S_7 eine starke Aggressivität, während die Herkünfte S_3, D_4, W_1 wesentlich schwächere Infektionstypen hervorrufen; andere Herkünfte stehen zwischen diesen beiden Extremen.

Was das Sortenverhalten anbetrifft, so können wir diejenigen Sorten, auf denen die Infektionstypen bis zu II bis III auftreten, als resistent ansehen und dabei feststellen, daß nur sehr wenig Sorten gegenüber einzelnen Herkünften eine gewisse Widerstandsfähigkeit zeigen. Hierzu gehören 5 (Butjadinger Ackerbohne), 2 (Füllbergs Hochzucht Feldbohne), 11 (Dr. Franck's Hohenloher Ackerbohne), 1 (Rosenhofer Feldbohne), 4 (Herz Freya Ackerbohne), 8 (Rastatter Ackerbohne Stamm 1), 10 (Rastatter Ackerbohne Stamm 68). Besonders anfällig scheinen nach den bisherigen Prüfungen die Sorten 12 (Breustedts Schladener Kleine Feldbohne) und 14 (Strubes Schlanstedter Ackerbohne) zu sein.

Wie aus der Tabelle hervorgeht, finden wir bei einigen Rostherkünften auf verschiedenen Sorten wesentliche Unterschiede im Verhalten der einzelnen Pflanzen. Wir dürfen wohl annehmen, daß diese Sorten in ihrem Resistenzverhalten nicht einheitlich, sondern heterozygotisch sind. Es sei hier besonders auf das Verhalten der Sorte 1 gegenüber den Rostlinien S_4, D_4, der Sorte 4 gegenüber W_1, W_2, der Sorte 5 gegenüber W_1, W_2, W_3 und der Sorte 6 gegenüber S_2 und W_1 verwiesen. Es muß also möglich sein, aus diesen Sorten widerstandsfähigere Linien herauszuzüchten.

Als bestes Ausgangsmaterial für die weiteren Arbeiten auf züchterischem Gebiet erscheint uns die Sorte Butjadinger Ackerbohne, die sich gegenüber den Herkünften S_3, S_4, D_4, W_1, W_2, W_3 widerstandsfähig erwiesen hat; ebenso geeignet scheint auch die Sorte 11 (Dr. Franck's Hohenloher Ackerbohne), die ebenfalls gegenüber mehreren Herkünften deutlich resistent ist.

Wie schon einleitend erwähnt, handelt es sich bei den vorstehenden Untersuchungen um tastende Vorversuche, die als Einleitung für eine umfangreiche Prüfung der Spezialisiernng von *Uromyces Fabae* gedacht sind. Beim gegenwärtigen Stand der Untersuchungen erscheint es verfrüht, ein Sortiment zur Prüfung des Ackerbohnenrostes auf Rassenbilbildung in Vorschlag zu bringen. Nach den Ergebnissen scheint die Blutführung der herangezogenen Sorten verhältnismäßig einheitlich zu sein. Es darf angenommen werden, daß bei der in Aussicht genommenen Prüfung von Pferdebohnensorten aus anderen Ländern und bei gleichzeitiger Heranziehung anderer *Vicia*-Arten eine deutlichere Abgrenzung der einzelnen Rostrassen möglich sein wird.

Die vorstehende Arbeit ist mit Unterstützung des Reichsministeriums für Ernährung und Landwirtschaft im Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Biologie der Fahlberg-List A.-G., Chemische Fabriken, Magdeburg Südost, durchgeführt. Dem Reichsministerium danke ich für die Überlassung von Mitteln, der Fahlberg-List A.-G. für die gewährte Gastfreundschaft. Vor allem bin ich dem Leiter des Institutes, Herrn Prof. Dr. Gaßner, für Rat und Unterstützung während der Arbeiten zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Aus drei verschiedenen deutschen Herkünften von *Uromyces Fabae* (Pers.) de By wurden insgesamt 16 Einsporlinien gewonnen und mit diesen ein Sortiment von 14 Ackerbohnensorten geprüft. Hierbei zeigte sich, daß auch der Ackerbohnenrost in biologische Formen zerfällt. Die Aufstellung eines Standard-Sortiments zur Bestimmung ist zur Zeit noch nicht möglich und wird späteren Arbeiten vorbehalten.

Literaturverzeichnis

1 Berichte der Wertprüfung mit Felderbsen und Ackerbohnen des Reichsnährstandes für die Jahre 1939, 1940 und 1941.

2 Bericht über die Ergebnisse der Landessortenversuche mit Ackerbohnen und Erbsen des Reichsnährstandes. Jahr 1940.

3 Gaßner und Straib. Die Bestimmung der biologischen Rassen des Weizengelbrostes (*Puccinia glumarum*). Arbeiten der B. R. A., 20, 1932, S. 141—163.

4 Jordi, E. Beiträge zur Kenntnis der Papilionaceen bewohnenden Uromyces-Arten. Centralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten, II. Abt., Bd. XI, 1904, S. 763—795.

5 Muratova, V. S. Bobi-Broad beans. Bull. of appl. Bot. and Plant Breed. Suppl. 50, 1931. (Russisch.)

6 Pieschel, E. Erfahrungen über Einsporimpfungen mit Getreiderostpilzen. Phytopathologische Zeitschrift, Bd. III, 1931, S. 89—100.

7 Sydow, P. und H. Monographia Uredinearum. Vol II. 1909—1910.

8 Gäumann, E. Zur Kenntnis des *Uromyces Fabae* (Pers.) de By. Annales Mycologici, Vol. XXXII, No. 5/6, 1934, S. 464—470.

9 Hiratsuka, N. Studies on *Uromyces Fabae* and its related species. Japanese Journ. of Bot., Vol. VI, No. 3, Tokyo 1933.

Über die Nekrobiose der Kartoffeldunkelkeime

Von

R. Dostál, Brünn

Mit 4 Abbildungen

Einleitung

Im Dunkeln oder bei schwachem Licht ohne Stoffzufuhr aus der Umgebung gehaltene Kartoffelknollen bilden Keime, deren Streckungszone sich nach einiger Zeit braun bis schwarz verfärbt und schließlich das Wachstum einstellt. Im Mark und in der Rinde der erkrankten Stellen zeigen sich Gruppen von braun verfärbten und alsbald kollabierenden Zellen, die in leichteren Fällen von dünnwandigem Wundperiderm umgeben sind. Diese Zerstörung verbreitet sich jedoch meist auf alle Gewebeteile der betroffenen Keimzone, die dann eingeschnürt erscheint. Die lange Zeit noch gesund aussehende Endknospe stirbt unter gleichzeitiger Bildung seitlicher Triebe ab, die nach einiger Zeit derselben pathologischen Veränderung unterliegen. Je nach der Sorte und den Außenbedingungen der Kultur ist der Zeitpunkt des Eintrittes dieser Nekrobiose ungleich. Sie scheint nicht gerade von der Länge der Keime abhängig zu sein, denn es starben auch Spitzen von dicken, kurzen (2—3 cm) Keimen in derselben Weise ab, wie die der längeren Keime. Im Gegensatz dazu erreichten die Fadenkeime von abbaukranken Knollen eine Länge von 10—15 cm ohne Bräunung der Streckungszone, während die Spitzen normaler Keime derselben Sorten unter gleichen Kulturbedingungen (auf Glasscheiben in der Dunkelkammer frei ausgelegt) bereits vor Erreichen einer Länge von 5 cm zugrunde gingen. Oft kann man auch an gesunden Kartoffelknollen bei der Kultur ohne Wasserzufuhr neben dicken kurzen auch dünne lange Keime beobachten; diese bleiben lange gesund, während jene frühzeitig unter der Gipfelknospe braun werden und ihr Wachstum einstellen.

Ähnliche pathologische Veränderungen verschiedener Teile der Kartoffelstaude wurden schon mehrmals beschrieben und als Folge von äußeren Beschädigungen, Stoffwechselstörungen u. s. w. gedeutet. Nach Esmarch (1922) tritt eine Gelbfärbung und Verholzung der verquellenden Zellhäute auch bei gesunden, sich der Reife nähernden Pflanzen zu Tage und geht ihrem Absterben voran. Artschwager (1923) hat auch

bei normalen bzw. verletzten Pflanzen eine Phloëmnekrose beobachtet, wobei Zellmembranen braun werden und manchmal auch verholzen. Selbst die Holzteile füllen sich mit brauner Masse und in der Rinde und im Mark entstehen Gruppen brauner Zellen. Eingehender haben sich mit dieser Erkrankung v. Brehmer und Rochlin (1931) beschäftigt und auf die Ähnlichkeit mit der Nekrose der viruserkrankten Pflanzen hingewiesen. Die Phloëmnekrose virusfreier Pflanzen bezeichnen sie als Nekrobiose, entsprechend den Untersuchungen von Beijerinck und Rant (1906) über künstlich durch chemische Mittel hervorrufbare Gummosis der

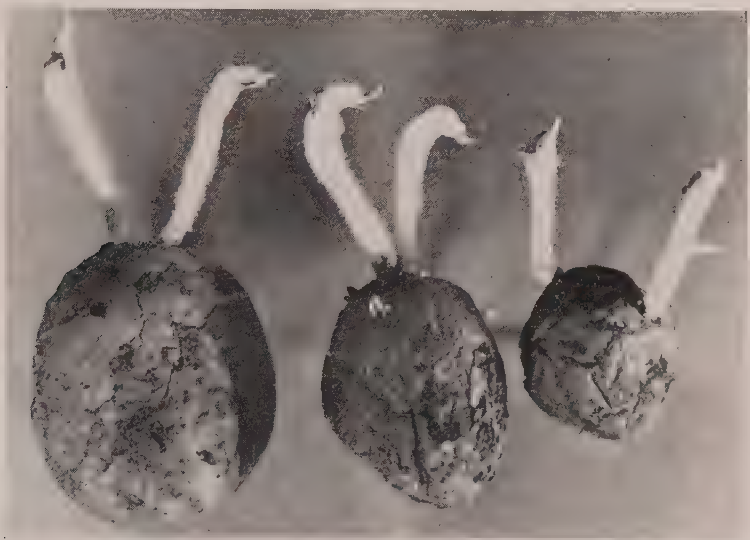


Abb. 1
Knollen der Sorte Erstling.
Keime unter der Endknospe links mit 0,5 % Heteroauxinpaste bestrichen, nach 6 Tagen auf dieser Seite konvex gebogen und nekrobiotisch.
Aufnahme 6. Mai 1943

Amygdalaceen, da die Phloëmnekrose der Kartoffel auch durch ungünstige Vegetationsbedingungen, künstlichen Wasserentzug oder durch Wasserzufuhr, künstliche Düngung u. s. w. hervorgerufen werden kann. Demgegenüber tritt sie unter normalen Kulturbedingungen bei demselben Material nicht auf.

In vorliegender Mitteilung werden nur die örtlich ziemlich eng begrenzten nekrobiotischen Veränderungen der Streckungszone berücksichtigt. Seltener kommen zwei oder mehrere nekr. Zonen auf ein und demselben Keime vor. An in Laboratoriumsluft stärker gebogenen Keimspitzen erscheinen die braunen Flecken zuerst auf der stärker entwickelten, konvexen Flanke der Wachstumszone. Diese Erscheinung ist bei vergeilten Trieben, Ausläufern und anderen im Dunkeln nur in feuchter

Luft wachsenden Organen vieler Pflanzenarten verbreitet, doch schienen die Kartoffelkeime am besten geeignet zu sein, um diese Spitzennekrobiose zu untersuchen und zwar mit Rücksicht auf die Korrelationswirkungen anderer Teile, sowie auf die Hormoneinflüsse und verschiedene äußere Bedingungen der Kultur, die beim Vorkeimen der Kartoffelknollen von Bedeutung sein können.

1. Wachstumskorrelationen

Bei der Analyse der Nekrobiose der Dunkelkeime wurden zunächst die inneren Bedingungen in Betracht gezogen, die das Wachstumsgleichgewicht zwischen den Organteilen bei abnormaler Kultur ungünstig beeinflussen könnten. Dabei hat sich herausgestellt, daß die Nekrobiose nicht auf die Konkurrenz zwischen den einzelnen Keimen derselben Knolle zurückgeführt werden kann, da sie sich auch durch fortgesetzte Entfernung aller Keime bis auf einen einzigen nicht verhindern ließ. Jeder einzelne Keim reagiert somit selbstständig auf die ungünstigen Wachstumsbedingungen durch Absterben der Spitzen. Auch durch frühzeitige Exstirpation seitlicher Sproßanlagen oder bereits austreibender Knospen an dem Keim ließ sich das Absterben seiner Streckungszone nicht zurückhalten. Es kommt hier nicht auf die korrelative Wirkung der Seitenknospen auf die Endknospe an, denn die Seitentriebe fangen erst dann an auszutreiben, bis die Endknospe infolge der Erkrankung der Streckungszone ihre dominierende Wirkung einbüßt. Nach Entfernung der Endknospe wurde nur in einigen Fällen die Nekrobiose des Stumpfes, in anderen hingegen nur sein übliches Absterben beobachtet. Oft ist es schwer zu



Abb. 2
Sorte Erstling.
Oben den Knollen aufsitzende Keime, rechts auf der Streckungszone mit 0,5 % Heteroauxinpaste bestrichen, nach 10 Tagen starke Nekrobiose und Seitentriebbildung zeigend. Unten gleich behandelte getrennt gezogene Keime, noch ohne Spur der Nekrobiose.
Aufnahme 6. Mai 1943

entscheiden, ob die Nekrobiose die Verästelung verursacht oder ob das Umgekehrte der Fall ist, da sich in dieser Beziehung die einzelnen von etwa 50 geprüften Sorten verschieden verhalten. Da auch Seitentriebe nach einiger Entwicklungszeit wieder nekrobiotisch werden, kommt es zu einer starken Anhäufung der Triebe in den einzelnen Augen, die man als Knospensucht bezeichnet. Durch die nekr. Zone wird die Leitung der zur Wachstumshemmung der Seitenknospen nötigen Stoffe aus der Endknospe erschwert. Zunächst kommt es hier auf die aus der Mutterknolle zugeführten Stoffe an, die in der nekr. Zone gestaut werden, wodurch besonders bei den vergeilten Kellertrieben eine auffallende Verdickung der Wachstumszone zustande kommt. Auch Stärkekörner sind hier in größerer Menge vorhanden als in den darunter gelegenen Keimteilen. Begreiflicherweise vermag die Terminalknospe ohne dieses, von der Mutterknolle gelieferte Material die die Entwicklung der Seitenknospen hemmenden Stoffe nicht zu erzeugen, und falls sie noch vorhanden sind, können sie die nekrotische Zone nicht passieren. Zu diesen Leitungsstörungen kommt es wahrscheinlich frühzeitig, noch bevor alle Gefäßbündelteile der Nekrobiose unterliegen und die Gipfelknospe abstirbt. Mitunter brechen selbst aus bereits gebräunten nekrotischen Stellen Seitentriebe hervor, die oft in schiefer Richtung abwärts anstatt aufwärts wachsen. Der Nekrobiose unterliegen demnach nicht die embryonalen Gewebeteile der Seitenknospen, sondern nur die in starkem Streckenwachstum begriffenen Keimzonen.

Von den Mutterknollen losgelöste, noch gesunde Keime verhielten sich meist insofern abweichend, als sie sich ohne Anzeichen der Nekrobiose weiter entwickelten und schließlich auch neue Knöllchen bildeten, was darauf hindeutet, daß die Mutterknolle irgendwie für das Zustandekommen der Nekrobiose maßgebend ist. In anderen Fällen wuchsen aus den Terminalknospen der isolierten, bereits schwach nekrotischen Keime oberhalb der braungefleckten Zone dünne, lange, oft schräg gestellte Triebe hervor. Demgegenüber konnte keine Beziehung zu dem Wassergehalt und Turgeszenzzustand der Mutterknolle festgestellt werden. Einerseits wurden die Knollen auf Glasscheiben oder Porzellanschalen ohne Wasserzufuhr gehalten, so daß sie weiter verschrumpften und verwelkten, andererseits wurden sie mit den Keimen in reinen, mit destilliertem Wasser befeuchteten Quarzsand eingesetzt, während die Knollen selbst oberhalb des Sandes in der Luft gehalten wurden. Trotzdem füllten sich diese vorher stark verwelkten und verschrumpften Knollen in kurzer Zeit prall mit Wasser, sogar bedeutend früher als z. B. gleichwertige, jedoch entkeimte Knollen, die in feuchtem Sand gehalten wurden. In beiden Fällen trat nach Entfernung größerer Keime und Auslegung der Knollen auf Glasplatten die Nekrobiose der neu gebildeten oder bereits früher angelegten und weiter zuwachsenden Keimtriebe ein. Die Bildung neuer

Knollen blieb nur auf die turgeszenten Mutterknollen beschränkt; diese wiesen darnach ganz andere Stoffwechselverhältnisse auf als die verwelkten Knollen, was jedoch auf die Nekrobiose der Streckungszone ohne Einfluß blieb.

Ein gewisser Einfluß ist den Wurzeln beizumessen. Nach Abschneiden der in feuchter Luft oder nur ganz schwach feuchtem Sand stärker entwickelten Wurzeln trat die Nekrobiose bereits an 10–25 mm langen Keimen auf, während Keime der Vergleichsknollen mit belasse-

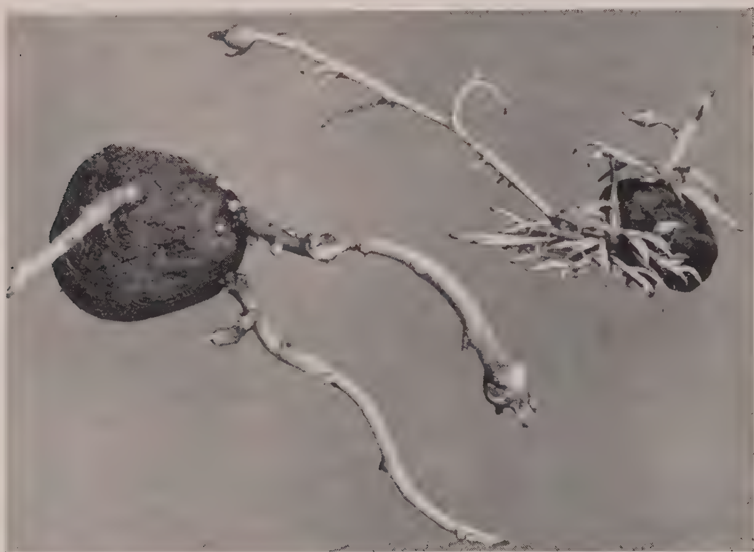


Abb. 3
Links: Knolle der Sorte Robinia. Zwei Keime rechts mit 10 % Kalziumnitratpaste, ein Keim links mit Wasserpaste auf der Streckungszone behandelt.
Rechts: Knolle der Sorte Kerkauer Nieren, ein Keim links mit 10 % Monokalziumphosphatpaste, ein Keim rechts mit Wasserpaste behandelt. Nur Ca-Keime streckten und verdickten sich bedeutend.
Aufnahme 24. September 1942

nen Wurzeln selbst bei einer Länge von 220 mm vollkommen gesund aussahen. Die Nekrobiose wird demnach durch die Wurzelwirkung zurückgehalten, auch wenn ihre Absorptionstätigkeit sehr erschwert ist.

2. Wuchsstoffwirkung

Um der Frage näher zu treten, ob die Wirkung der Mutterknollen bzw. der Wurzeln auf das Zustandekommen der Nekrobiose der Streckungszone korrelativer Natur ist, galt es zunächst festzustellen, ob ein Zusatz von künstlichem Wuchsstoff, der die Bildung von Eigenwuchsstoff im Keimgipfel steigert, die Nekrobiose zu beeinflussen vermag. Zu diesem

Zweck wurden die Gipfelknospe oder die jüngsten sichtbaren Internodien unter derselben mit 0,5% Heteroauxinpaste bestrichen. Zur Kontrolle dienten ähnliche, mit Wasserpaste behandelte Keime. Am besten eigneten sich zu diesen Versuchen die bisher noch vollkommen gesund aussehenden, unverästelten Keime, die der Nekrobiose bereits nahe standen. Junge oder isolierte (Abb. 2) Keime widerstehen der Wuchsstoffwirkung. Unter dem Einfluß von künstlichem Wuchsstoff verdickt sich die Streckungszone stark, wobei eine eng begrenzte Stelle sich braun verfärbt und eine deutliche Einschnürung erfährt. Die Längsstreckung wird hingegen verhindert. Nach Wuchsstoffpastenbehandlung der Terminalknospe zeigte die Wachstumszone oft eine ungleichmäßige Verdickung und eine Krümmung, deren konvexe Seite zuerst der Nekrobiose unterlag. Der Vergleich mit den Kontrollkeimen, die ähnlich mit Wasserpaste behandelt wurden, ergibt eine bedeutende Beschleunigung der Nekrobiose durch künstlichen Wuchsstoffzusatz, da die Wasserpaste in demselben Zeitabschnitt weder eine Verdickung noch eine Nekrobiose hervorgerufen hat. Demgegenüber krümmten sich die in starkem Wachstum noch begriffenen Keime, falls sie einseitig mit Wuchsstoffpaste behandelt wurden, sehr stark und unterlagen der Nekrobiose viel später als die etwas älteren, weniger rasch wachsenden und sich nur träge krümmenden Keime, die bereits nach 2–5 Tagen unter dem Pastenanstrich Nekrobiose aufwiesen. Daß auch schwächere Heteroauxinpasten (0,005%) oder mit Gelatine aufgeklebte Pollinen von *Stanhopea ocellata* ähnlich wirkten, spricht dafür, daß die Nekrobiose nicht durch Mangel, sondern durch Übermaß von Streckungswuchsstoffen verursacht wird. Überhaupt tritt sie bei einseitiger Wuchsstoffbehandlung zuerst auf der bestrichenen Seite auf, die sich stärker verlängert und verdickt als die gegenüberliegende, unbehandelte Seite (Abb. 1). Ähnlich wirkte die Phenylessigsäurepaste, aber in der den Duft dieses Riechstoffs enthaltenden Atmosphäre blieben die Keime länger gesund als die in reiner, ebenfalls abgeschlossener Luft gehaltenen Kontrollen. Jene zeigten noch bei einer Länge von 45 mm völlig gesundes Aussehen, während in reiner Luft bereits bei einer Länge von 25 mm die Nekrobiose und Verzweigung der Keime erfolgte. Später wurden allerdings auch die Keime in der Luft mit Phenylessigsäureduft nekrobiotisch, sie wiesen jedoch keine Wurzelentwicklung auf, die nur in reiner Luft vor sich ging.

Zwecks Feststellung der Verteilung des Eigenwuchsstoffes in den Kartoffelkeimen wurden die Ätherextrakte in 3% Agar aufgenommen und auf zweimal dekapitierten Koleoptilen von Siegeshafer Svalöf getestet. Am 14. Juni 1942 wurden durch die Extrakte der Spitzenteile im Vergleich zu denen der Basalteile weniger starke Krümmungen der Haferkoleoptilen hervorgerufen, was entweder auf die in der Spitze gebildeten Hemmstoffe oder auf die hier stark angehäuften Wuchsstoffe

zurückzuführen wäre. Auch der Zuckergehalt nimmt von der Basis nach der Spitze des Keimes zu und erreicht im oberen Keimteil den größten Wert.

3. Ätyleneinfluß

In äthylenhaltiger Atmosphäre zeigten die Keime auffallenderweise selbst bei einer Länge von 350 mm keine Nekrobiose, auch wenn die Konzentration dieses Gases so niedrig war, daß dadurch keine Verdickung, sondern nur eine Hemmung des Längenwachstums hervorgerufen wurde. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich darin, daß das Äthylen ebenso wie das Leuchtgas das Streckungswachstum stark hemmt und deswegen die für das Wachstum ohne Stoffzufuhr von außen sonst rasch verbrauchten Stoffe nicht erschöpft werden. Erst nach Übertragen in reine Luft setzten die Pflanzen ihr Keimwachstum weiter fort, bis sie der Nekrobiose verfielen. Dann trat auch die Knöllchenbildung ein, die in der Äthylenatmosphäre nicht stattfand. Eine bereits beginnende Nekrobiose vermögen Äthylen oder Leuchtgas nicht mehr zurückzuhalten, doch tritt auch da eine starke Verdickung der Streckungszone ein. Einige Sorten, wie z. B. Kerkauer Nieren, zeigten auch in der Äthylen- und Leuchtgasatmosphäre die Nekrobiose älterer Keime. Da sie auch in reiner Luft (im Gewächshause) zu beobachten war, kann sie nicht mit den Verunreinigungen der Laboratoriumsluft zusammenhängen.



Abb. 4
Knolle der Sorte Ackersegen.
Keime oben links mit 7,5 % Kaliumnitrat-, rechts mit 10 % Kalziumnitrat-, unten links mit 10 % Magnesiumsulfat- und rechts mit 0,5 % Borsäurepaste unter den Endknospen bestrichen, mit Ausnahme des mit Ca-Paste behandelten im Wachstum zurückgeblieben und nekrobiotisch.
Aufnahme 24. September 1942

4. Lichtwirkung

Die Lichtkeime werden von der Nekrobiose der Streckungszone nicht ergriffen. Wurden Knollen mit zum Teil schon nekrotischen Keimen dem Licht nach Abschneiden aller erkrankten Triebe ausgesetzt, entwickelten sich nach 4 Tagen neue Keime, die selbst bei einer Länge von

6 cm keine Nekrobiose aufwiesen. Allerdings kann auch hier die im Dunkeln bereits so weit vorgeschrittene Nekrobiose, daß die Gipfelknospe nicht mehr zuwächst, durch Lichtwirkung nicht geheilt werden. Dies gilt auch von isoliert kultivierten Keimen. Zwar ergrünen auch die oberhalb der nekrotischen Zone gelegenen Gipfelteile im Licht, das Wachstum wird aber nicht erneuert. Nur untere Teile treiben neue, später knollig anschwellende Seitentriebe aus. Eine vorübergehende Beleuchtung von etwa 1—5 Stunden vermag die nachher ins Dunkle übertragenen Keime vor der Nekrobiose nicht zu schützen. Daß Keime, die sich vom Anfang an im Licht entwickeln, auch ohne Stoffzufuhr der Nekrobiose nicht unterliegen, ist darauf zurückzuführen, das die hier stärker sich entwickelnde Terminalknospe die ohnedies weit kürzere Streckungszone der Lichtkeime mit den nötigen Stoffeinflüssen reichlicher zu versorgen vermag.

5. Feuchtigkeitseinfluß

Wurde die Streckungszone der Keime mit Wasserpaste (dest. Wasser mit Lanolin 1 : 1) bestrichen, um zu prüfen, ob die Nekrobiose durch Transpirationshemmung oder durch eine gewisse Wasserzufuhr verhindert werden kann, so konnte kein Unterschied gegenüber den nicht bestrichenen Kontrollkeimen festgestellt werden. Desgleichen trat die Nekrobiose auch bei Kultur in feuchtem Raum zum Vorschein, nur etwas später und auf eine längere Zone verbreitet als in trockener Luft. Auch die Entwicklung der Wurzeln, die in feuchtem Raum auf allen Knoten stattfindet, spielt hierbei keine wesentliche Rolle, da sie die Erscheinung der Nekrobiose nur etwas verzögert. Abweichend verhielten sich nur stark bewurzelte Keime, die nach Einsetzen der Mutterknollen nur etwa bis zur Hälfte in feuchtem Sand aus dem im Sande befindlichen Knollenteil hervorgingen und noch bei einer Länge von 500—700 mm keine Nekrobiose aufwiesen, während die oberhalb des Sandes entspringenden Keime bereits bei einer Länge von 23 mm erkrankt waren. Ähnlich trieben auch die isoliert kultivierten Keime aus den im Sand eingewurzelten Seitenanlagen gesunde Äste, während die oberhalb des Sandes inserierten nekrobiotisch waren. Die Stoffzufuhr durch die Wurzeln aus feuchtem Sand ist für die Gesundheit der Kartoffelkeime im Dunkeln von hoher Bedeutung.

In langsam fließendem Wasser untergetauchte Knollen bildeten ebenfalls gesunde Keime, während diese an in feuchtem Raum gehaltenen Vergleichsknollen nach kurzer Zeit erkrankten und deswegen auch bedeutend kürzer blieben als die unter Wasser sich entwickelnden Keime. Besonders bei der der Nekrobiose der Gipfel rasch unterliegenden Sorte Kerkauer Nieren trat dieser Unterschied klar zutage. Zu bemerken ist, daß es sich in diesen Versuchen um ziemlich kalkreiches Leitungswasser

handelte. Eine entsprechende Wirkung des destillierten Wassers wurde nicht geprüft.

6. Wirkung der Mineralstoffe

In destilliertem Wasser hört das Wachstum der Keime infolge der Nekrobiose der Streckungszone früher auf als in mit destilliertem Wasser beschicktem Quarzsand. Dieser enthält somit gewisse, das Wachstum der Kartoffelkeime fördernde Stoffe. Allerdings vermag schon das destillierte Wasser die Erscheinung der Nekrobiose gegenüber den ohne Wasserzufuhr heranwachsenden Keimen erheblich zu verzögern. Noch günstiger wirkt die dem Quarzsand zugesetzte Knop'sche Nährlösung, in der die Keime eine bedeutend größere Länge erreichen als in destilliertem Wasser, z. B. 220 mm gegenüber 150 mm. An isolierten Keimen blieb in Knop'scher Nährlösung die Entwicklung neuer Knöllchen völlig aus, während die in destilliertem Wasser ebenfalls im Dunkeln gehaltenen Keime zahlreiche, bis 8 mm große Knöllchen ausbildeten. Ähnlich verhielten sich die in Verbindung mit den Mutterknollen heranwachsenden Keime. Nach diesen Versuchen enthält die komplette Nährlösung Stoffe, die, von den Wurzeln aufgenommen, die Nekrobiose entweder verhindern oder wenigstens weit aufschieben. In anderen Versuchen wurden die Knop'sche Nährlösung oder die Lösungen von Kalium- oder Kalziumnitrat bzw. destilliertes Wasser mittels Injektionsspritze in stark verwelkte Knollen wiederholt eingeführt, wodurch sie in kurzer Zeit stark turgeszent wurden. Die an diesen trocken gehaltenen Knollen heranwachsenden Keime wiesen keinen deutlichen Unterschied auf, da sie sämtlich nekrobiotisch wurden und sich reichlich verästelten. Die Gipfelerkrankung läßt sich darnach nicht einfach durch die Erhöhung des Mineralstoffgehalts in den Mutterknollen selbst beeinflussen.

Deswegen wurde mit einigen Mineralstoffen direkt auf die wachsenden Keimteile eingewirkt. Es wäre vielleicht von großem Interesse gewesen, alle wichtigeren Grund- und Spurenelemente getrennt zu prüfen, doch beschränkte man sich vor allem auf die unentbehrlichen Bestandteile der Ernährung, die in der hier benützten Knop'schen Nährlösung enthalten sind. In den ersten diesbezüglichen Versuchen wurden die Lösungen auf die Filtrierpapierstreifen, mit denen die Keime umwickelt wurden, geträufelt (Dostál 1941), doch war das Ergebnis dieser Versuche nicht ganz regelmäßig, da das Filtrierpapier nicht genug dicht den Keimen anlag und diese durch Verdunstung der Lösungen und Konzentrierung der Salze geschädigt wurden. Um dies zu verhindern, wurde reines, wasserfreies Lanolin zu gleichen Teilen mit den Lösungen von 15% KNO_3 bzw. 15% KH_2PO_4, 20% $Ca(NO_3)_2$, 20% $Ca(H_2PO_4)_2$, 20% $CaCl_2$, 20% $MgSO_4$, 7,5% $FeCl_3$, 7,5% $FeSO_4$ und 1% H_3BO_3 gründlich verrieben und diese Pasten mit Glas- oder Holzstäbchen auf die Wachs-

tumszone der Keime aufgetragen. In mehrmals mit gleichem Erfolg wiederholten Versuchen förderten nur die Kalziumpasten das Keimwachstum, während andere Pasten gleich wie die Wasserpaste unwirksam waren. Trotzdem sich die verschiedenen geprüften Kartoffelsorten in dieser Beziehung etwas voneinander unterschieden, trat die Wachstumsförderung durch die in diesen Versuchen am häufigsten benützten 10 bis 25%igen Kalziumnitratpasten im Vergleich mit den andere Metallionen oder Borsäure enthaltenden Pasten klar hervor (Abb. 3). In einigen wenigen Fällen zeigte auch die eisen- und borhaltige Paste eine geringfügige Förderung der behandelten Keime, doch ließ sich die Nekrobiose derselben nur durch die Kalziumpasten verhindern. Die Pastenanstriche lassen eine streng lokalisierte Behandlung der Keime zu. Um zu erfahren, ob die Kalziumpasten eine Krümmung, ähnlich wie die Wuchsstoffpasten hervorrufen, wurde die Streckungszone nur auf einer Seite damit bestrichen. So hat bereits Seubert (1925) mit verschiedenen Salzen (Na, K) gewisse, allerdings nur positive Krümmungen der Haferkoleoptilen erzielt. Bei den Kartoffelkeimen traten nach einseitigem Kalziumpastenanstrich keine Krümmungen ein, mit Ausnahme einiger weniger Fälle, wo nur schwache positive Krümmungen angedeutet waren. Die Behandlung des Keimgrundes mit Kalziumpasten war viel weniger wirksam als die der Streckungszone oder der Terminalknospe. Da auch kleine Keimanfänge an den Kalziumpastenanstrich gegenüber den Kontrollkeimen mit kräftigerem Wachstum ansprechen, scheint von Anfang an ein gewisser Kalziummangel in den Dunkelkeimen zu herrschen. Dieser steigert sich im Laufe der Entwicklung und führt schließlich, je nach der Sorteneigenheit und den Kulturbedingungen, früher oder später zur Nekrobiose der Streckungszone. Auch die Achselknospen der Keime konnten durch ihr Bestreichen mit Kalziumpaste zu stärkerer Entwicklung wenigstens in dem mittleren Teile der Keime gebracht werden, wo die Verzweigung zuerst hervortritt. Hingegen blieb der gleiche Anstrich der basalsten oder apikalsten Seitenanlagen am Keime ohne Wirkung, da sie einmal von der Mutterknolle, zum anderen von der Terminalknospe stärker als die mittleren Knospen gehemmt werden. Selbst eine bereits einsetzende Nekrobiose konnte durch Bestreichen der Strekkungszone mit Kalziumpasten geheilt werden, so daß das Wachstum der Keime weiter fortsetzte, während unter der Wasserpaste nur tiefere Wunden entstanden. Auch an den von der Mutterknolle abgetrennten, isoliert kultivierten Keimen wurde durch Kalziumpasten das Keimwachstum sowie die Wurzelentwicklung im Vergleich zu ähnlichen, mit Wasserpaste behandelten Keimen stark gefördert. Die günstige Wirkung dieser künstlichen Kalziumbehandlung kommt besonders bei der Trockenkultur der Keime bzw. Knollen stark zur Geltung, während größere Feuchtigkeit der Luft oder des Sandes auch ohne Kalziumpasten eine stärkere

Keimstreckung zuläßt. Wie ebenfalls oben bemerkt wurde, bilden auch abbaukranke Kartoffeln stark verlängerte Triebe, deren Streckungszone ohne Kalziumpastenanstrich eine beträchtlich längere Zeit als die der gesunden Knollen erhalten bleibt. Bei normalen Dunkelkeimen behält der Kalziumpastenanstrich nur eine gewisse Zeit lang seine Wirksamkeit, da dadurch immer nur eine vorübergehende Verlängerung etwa um 20 bis 50 mm hervorgerufen wird, die oft der unter den gegebenen Verhältnissen normal erreichten Keimlänge entspricht. Dann tritt nämlich wieder die Nekrobiose ein, falls der Anstrich mit Kalziumpaste unter der Gipfelknospe nicht rechtzeitig erneuert wird. Durch regelmäßig wiederholte Kalziumbehandlung konnte das Wachstum der Keime lange Zeit unterhalten werden. Mengenmäßige Verhältnisse zwischen dem Pastenanstrich und der Zuwachsgröße wurden nicht näher untersucht. Da die Kaliumnitratpaste im Gegensatz zur Kalziumnitratpaste unwirksam war, kommt es hier nicht auf das Nitration an, was schon aus dem Vergleich der starken Wirksamkeit der Kalziumphosphatpaste gegenüber der unwirksamen Kaliumphosphatpaste hervorgeht (Abb. 4).

Das Kalziumchlorid hat in der Form der Lanolinpaste in einigen Versuchen sogar noch stärker die Keimentwicklung gefördert, als das Kalziumphosphat und -nitrat. Demgegenüber blieb Kalziumsulfat- (reiner Gips) belag oder eine einmalige Keimbespritzung mit Kalziumhydroxyd- oder -nitratlösungen ohne Erfolg, wahrscheinlich aus dem Grunde, weil von den Keimen in dieser Form die nötige Menge von Kalzium nicht aufgenommen werden konnte. Bei in kalziumfreien Nährlösungen kultivierten Bohnenkeimlingen *(Phaseolus multiflorus)* hatten mit Behandlung der Stengel mit ganz schwachen Kalziumnitratlösungen schon Liebenberg (1881) und Portheim (1901) positiven Erfolg. Bei der praktischen Auswertung dieser Ergebnisse wäre die Behandlung der Kartoffeldunkelkeime zwecks Verhütung der Nekrobiose mit Lösungen derjenigen mit Pasten vorzuziehen.

Schlußbetrachtungen

Die Nekrobiose der Kartoffeldunkelkeime, die bei der Kultur gesunder Knollen ohne Wasser- und Nährsalzzufuhr durch Braunverfärbung der Streckungszonen und Vertrocknung der Endknospen gekennzeichnet ist, wird nach diesen kurz zusammengefaßten Versuchsergebnissen teils durch Kalziummangel, teils durch Wuchsstoffüberschuß verursacht. Die unter diesen Umständen von der Mutterknolle in großem Ausmaß gelieferten Reservestoffe (einschließlich die Vorstufen des aktiven Wuchsstoffes) werden blockiert, wie aus der Verdickung der Streckungszone und aus der Stärkebildung hervorgeht. Auf eine erhebliche Stärkeanhäufung in der Basis der bei Kalziummangel gezogenen Bohnenkeim-

linge *(Phaseolus multiflorus)* hat schon Boehm (1875), dem die ersten Kenntnisse über die Folgen des Kalziummangels bei den Pflanzen zu verdanken sind, hingewiesen. Ausführlich hat das Verhalten der Keimlinge in Ca-freien Nährlösungen Portheim (1901) beschrieben und ähnlich wie Schneider (1934/35) auf Störungen des Eiweißstoffwechsels (Asparaginanhäufung) zurückgeführt. Nach Wagner (1933) bewirkt Kalzium bei der Kartoffel eine Anhäufung und Weiterbildung von Zucker. Nekrobiotische Spitzen enthalten dagegen viel mehr Stärkekörner als die darunter liegenden Keimteile. In den von der Mutterknolle abgetrennten Keimen, in denen das Mißverhältnis zwischen organischer und anorganischer Ernährung bzw. zwischen Wuchsstoff und Kalziumgehalt keinen derart hohen Grad erreicht, tritt die Nekrobiose unter sonst gleichen Bedingungen der Kultur entweder nicht oder erst viel später auf. Dasselbe gilt auch für die Fadenkeime der abbaukranken Kartoffeln, die nach Söding (1942) viel weniger Auxin enthalten als die gesunden Kartoffeln. Auf die Bedeutung des Wuchsstoffes für das Zustandekommen der Nekrobiose der Kartoffelkeime deuten besonders Versuche mit einseitigem Anstrich ihrer Streckungszone hin, unter dem sie zuerst erkranken. Im Gegensatz zur Wuchsstoffmenge nimmt der Kalziumgehalt im Laufe des Keimwachstums ohne Stoffzufuhr aus der Umgebung im Dunkeln immer mehr ab, gleichgültig ob es sich um relative Haupt- oder Seitentriebe handelt. Einerseits ist der Gehalt an Kalzium in den Kartoffelknollen verhältnismäßig klein (in der Asche 2,57% CaO gegenüber 60,37% K_2O, 4,69% MgO, 17,33% P_2O_5), andererseits ist auch die geringe Transportfähigkeit dieses zweiwertigen, die Permeabilität stark erniedrigenden Kations zu berücksichtigen, die nur in abbaukranken (Kaho 1935) ebenso wie in am Licht keimenden Kartoffelknollen größer ist, weswegen diese keine Keimnekrobiose zeigen. Erdalkalimetalle wirken vorwiegend auf die Membran. Wuhrmann (1937) hat die Wirkung von den Salzen in Heteroauxinlösungen untersucht. Darnach werden ohne Kalzium die Ca-haltigen Pektine nicht gebildet. Nach Czaja (1934) ist Kalzium für die Ausbildung der Mittellamelle nötig. Bei Kalziummangel tritt eine abnormale Verquellung der Zellmembran und eine Degeneration des Plasmas ein und diese pathologischen Vorgänge werden durch die Streckungswuchsstoffe, die auch eine starke Plasmahydratation hervorrufen, gesteigert.

Zusammenfassung

1. Beim Austreiben der Kartoffelknollen im Dunkeln ohne Stoffzufuhr von außen unterliegen ihre Keime regelmäßig einer Nekrobiose, die sich in der Bräunung der Streckungszonen und im nachherigen Absterben der Spitzen kundgibt.

2. Diese Nekrobiose wird durch lokalen Mangel an Kalzium und Überschuß von Wuchsstoff verursacht, da sie nur durch Kalziumpasten verhindert, durch Heteroauxinpasten hingegen beschleunigt werden konnte.

3. Aus den Wurzeln gehen Einflüsse hervor, die die Nekrobiose der Keimspitzen aufschieben, aus den Mutterknollen hingegen solche, die sie fördern.

Schriftenverzeichnis

Artschwager, E. F., 1923. Journal of Agricultural Research, **24**, 237.

Beijerinck, M. W. et Rant, A., 1906. Arch. néerl. Sc. exact. et natur. Haarlem, II, **11**, 184.

Boehm, J., 1875. Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien, I, **71**, 287.

Brehmer, von und Rochlin, E., 1931. Phytopath. Zeitschrift, **3**, 471.

Czaja, A. Th., 1935. Planta, **24**, 527.

Dostál, R., 1941. Verhandl. Naturf. Verein Brünn, **72**, 40.

Esmarch, F., 1920. Ber. Dtsch. Bot. Ges., **37**, 463.

Kaho, H., 1935. Phytopath. Zeitschrift, **8**, 157, 551.

Liebenberg, A. von, 1881. Sitzungsb. Akad. Wiss. Wien, I, **84**, 405.

Portheim, L. von, 1901. Sitzungsb. Akad. Wiss. Wien, I, **110**, 113.

Schneider, K., 1935. Zeitschrift für Botanik, **28**, 561.

Seubert, E., 1925. Zeitschrift für Botanik, **17**, 49.

Söding, H., 1942. Angewandte Botanik, **24**, 114.

Wagner, H., 1933. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde, A, **30**, 208.

Wuhrmann, K., 1937. Protoplasma, **29**, 361.

Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung,
Erwin Baur-Institut, Müncheberg/Mark

Reaktion einer Reihe von Solanaceen auf Infektion mit A-, Y- und X-Virus der Kartoffel unter Berücksichtigung ihrer Brauchbarkeit als Testpflanze

Von

G. Stelzner und **H. Schwalb**

Mit 13 Abbildungen

Aus einer Reihe von Veröffentlichungen ist das Verhalten etlicher Solanaceen gegen verschiedene Viren bekannt.

Wir haben nun eine große Anzahl von Solanaceen systematisch geprüft, um das verschiedene Reagieren auf die Kartoffelviren A, Y und X zu erfassen. Gleichzeitig sollte festgestellt werden, ob unter ihnen gute Testpflanzen für diese Viren vorhanden sind, wobei dem A-Virus besonderes Augenmerk geschenkt wurde. Für das X-Virus sind bereits *Capsicum annuum*, *Datura stramonium* und *Nicotiana tabacum* schon längere Zeit als gute Symptomträger bekannt (6). Y- und A-Virus werden vor allem mit Samsun-Tabak (3) nachgewiesen, der aber für A-Virus nicht voll befriedigend ist, da die Symptome häufig nur schwach und zeitweilig überhaupt nicht in Erscheinung treten.



Abb. 1
Hyoscyamus albus: links infiziert mit Y-Virus; rechts Kontrolle

Das A-Virus ist in den Kartoffelbeständen stark verbreitet. Es verursacht im allgemeinen geringen Schaden, der aber ein erhebliches Ausmaß annimmt, sobald andere Virusarten hinzutreten. Da jedoch A-Virus an den Kartoffeln nicht immer sichtbaren Befall auslöst, sondern häufig maskiert auftritt, ist eine gute Testpflanze zur Bekämpfung dieser Virusart von besonderem Wert.

Verschiedene botanische Gärten stellten uns dankenswerter Weise Samen der einbezogenen Solanaceen zur Verfügung. Aussaat und Anzucht erfolgte im Gewächshause. Die Pflanzen wurden im Jugendstadium durch

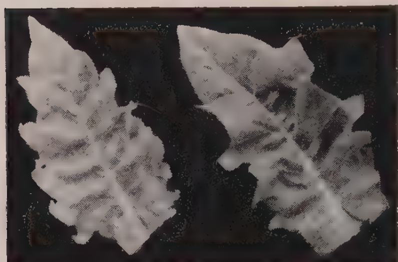


Abb. 2
Hyoscyamus aureus:
links infiziert mit Y-Virus;
rechts Kontrolle

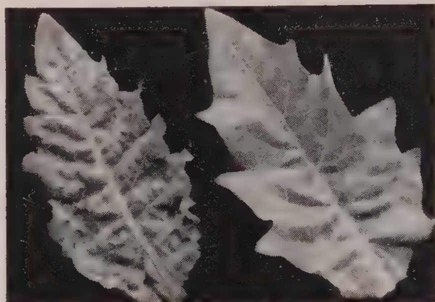


Abb. 3
Hyoscyamus canariensis:
links infiziert mit Y-Virus;
rechts Kontrolle

Abreiben von jeweils 3 Blättern mit Preßsaft viruskranker Kartoffeln infiziert. Zur Erhöhung des Infektionserfolges wurden die Blätter vorher mit feinem Karborundpulver bestreut. Der Saft wurde im ungefähren Verhältnis von 1 : 1 mit destilliertem Wasser verdünnt und nach dem Abreiben vorsichtig von den Blättern abgespült. Die Pflanzen kamen anschließend 24 Stunden lang in einen Kasten mit hoher Luftfeuchtigkeit.

Der Versuch wurde zu 3 verschiedenen Zeiten wiederholt, im Frühjahr. Sommer und Herbst, wobei je Art und Virus 5 Pflanzen zum Abreiben kamen.

Das Infektionsmaterial stammte aus 3 latent infizierten Kartoffelsorten: das X-Virus aus der Sorte Jubel, das Y-Virus aus Zeeuwsche Blauwe und das A-Virus aus Juli. Zur Herstellung von Preßsaft fanden nur solche Stauden Verwendung, bei denen nach vorheriger Prüfung kein Befall mit einem weiteren Virus vorlag. Ganz besonders wurde bei Juli auf das häufig auftretende Aucuba-Virus geachtet.

In die erste Prüfung, die dazu diente, das allgemeine Verhalten zu klären, wurden 68 Solanaceen einbezogen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengestellt, in der die Anzahl der erkrankten Pflanzen, die Art

und Stärke der Symptome (x = schwach, xx = mittel, xxx = stark) angeführt werden. (Siehe Tabelle 1.)

Das X-Virus rief meistens mehr oder minder starke hell- und dunkelgrüne Fleckung hervor, die vereinzelt von leichtem Aufhellen der Blattnerven in einigen Fällen von einer Nervenbänderung begleitet war. Die Fleckung war unregelmäßig über die Blätter verteilt, nur in einem Falle war sie gleichförmig und von den Blattnerven begrenzt. Bei A- und Y-Virus traten hauptsächlich das Aufhellen der Blattnerven, wie es vom Samsun-Tabak bekannt ist, zum Teil auch Wellung und Fleckung der Blätter in Erscheinung. Die infizierten Pflanzen waren häufig im Vergleich zu den Kontrollen in der Entwicklung zurückgeblieben, bisweilen auch in solchen Fällen, in denen sie keine Symptome zeigten.

Die untersuchten Arten der Gattung *Browallia* zeigten bei X- und Y-kaum, bei A-Virus überhaupt keine Symptome. Die Wuchsfreudigkeit war nicht herabgemindert. Dagegen trat an nahezu sämtlichen Pflanzen der Gattung *Hyoscyamus* nach Infektion mit A- und Y-Virus deutliches bis starkes Aufhellen der Blattnerven, verbunden mit einer mehr oder minder starken Gesamtschädigung ein. Nur an *Hyoscyamus niger* konnten bei A-Virus keine Symptome beobachtet werden. Das X-Virus rief lediglich an zwei Arten leichte Fleckungen hervor, ohne das Wachstum der Pflanzen zu beeinträchtigen. Bei den beiden Vertretern der Gattung *Lycium*, *Lycium chinense* und *Lycium vulgare*, ebenso bei *Schizanthus pinnatus* und *Scopolia lurida* verliefen die Abreibungen mit allen drei Viren negativ. Eine Hemmung der Entwicklung war auch nicht zu erkennen. *Nicandra physaloides* ergab nur nach Infektion mit X-Virus, allerdings an allen Pflanzen, deutliche Symptome. Das Wachstum war aber auch bei den mit A- und Y-Virus abgeriebenen Pflanzen geringer als bei den Kontrollen. Die zahlreichen Arten der Gattung *Nicotiana* erwiesen sich in



Abb. 4
Hyoscyamus niger:
links infiziert mit Y-Virus, starke Beeinträchtigung des Wuchses; rechts Kontrolle

Tabelle 1
Reaktion von 68 Solanaceen auf Infektion mit A-, Y- und X-Virus der Kartoffel
(Frühjahrsinfektion)

Solanaceae	Infiziert mit A-Virus		Infiziert mit Y-Virus		Infiziert mit X-Virus	
Browallia elata	5 keine Symptome		5 keine Symptome		1 Fleckung	×
Browallia viscosa . . .	5 keine Symptome		1 Fleckung und Kräuselung	×	5 keine Symptome	
Browallia Zervaskiana .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Hyoscyamus albus . . .	3 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Aufhellen der Blattnerven	×××	4 chlorotisch	×
Hyoscyamus aureus . .	5 Aufhellen der Blattnerven	××—×××	5 Aufhellen der Blattnerven	×××	5 Fleckung	×
Hyoscyamus canariensis .	5 Aufhellen der Blattnerven	×××	5 Aufhellen der Blattnerven	×××	3 Fleckung	×
Hyoscyamus niger . . .	5 keine Symptome		5 Aufhellen der Blattnerven	××	5 keine Symptome	
Lycium chinense	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Lycium vulgare	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Nicandra physaloides . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 zwischennerviges Mosaik	××
Nicotiana alata	5 Aufhellen der Blattnerven	××—×××	5 Aufhellen der Blattnerven	××	5 Fleckung	×
Nicotiana alba	5 Aufhellen der Blattnerven	××	4 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Fleckung und Aufhellen der Blattnerven	×× ×
Nicotiana acuminata . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleck. u. Nervenbänderung	×××
Nicotiana angustifolia . .	2 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Fleckung	××
Nicotiana auriculata . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Nicotiana cerinthoides . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	××
Nicotiana chinensis . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		3 Fleckung	×
Nicotiana fragrans . . .	4 Aufhellen der Blattnerven	×××	3 Aufhellen der Blattnerven	×	2 Fleckung	×
Nicotiana gigantea . . .	2 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Aufhellen der Blattnerven	×—××	2 Fleckung	×
Nicotiana glauca . . .	5 Aufhellen der Blattnerven	×—××	5 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Fleckung	×
Nicotiana Langsdorffii .	5 Aufhellen der Blattnerven	××	5 Aufhellen der Blattnerven	×	1 Fleckung	×
Nicotiana longiflora . .	4 Aufhellen der Blattnerven	××	4 Aufhellen der Blattnerven	×—××	5 Fleck. u. Nervenbänderung	××
Nicotiana nudicaulis . .	5 keine Symptome		5 Aufh. d. Blattn. u. Wellung	×××	5 keine Symptome	
Nicotiana quadrivalvis .	5 Aufhellen der Blattnerven	×—××	3 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Fleckung	×
Nicotiana paniculata . .	5 Aufhellen der Blattnerven	××	5 keine Symptome		2 Fleckung	×—××
Nicotiana petiolaris . .	2 Aufhellen der Blattnerven	×	4 Aufh. d. Blattn. u. Wellung	×××	5 keine Symptome	
Nicotiana plumbaginifolia	1 Aufhellen der Blattnerven 2 Fleckung	× ××	5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Nicotiana rustica . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	××
Nicotiana Sanderae . .	2 Aufhellen der Blattnerven	××	4 Aufhellen der Blattnerven	××	3 Fleckung	××
Nicotiana silvestris . . .	1 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Aufhellen der Blattnerven	××	2 Fleckung	×
Nicotiana texana . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	×—××
Nicotiana viscosa . . .	2 Aufhellen der Blattnerven	×	4 Aufhellen der Blattnerven	×	5 Fleckung	×—××
Nicotiana wigandioides .	5 keine Symptome		4 Aufhellen der Blattnerven	×	2 Fleckung	×

Petunia axillaris . . .	2 Wellung	×	2 Wellung	××	5 keine Symptome	
Petunia inflata	5 Wellung z. T. Fleck. u. Aufhellen der Blattnerven	××—×××	2 Wellung z. T. Fleck. u. Aufhellen der Blattnerven	×	2 Fleckung	×
Petunia nyctaginiflora . .	2 Aufhellen der Blattnerven 1 Fleckung	×× ××	3 Fleckung	×	3 Wellung	××
Petunia violacea	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Physalis alkekengi . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Physalis Franchetii . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		2 Fleckung	×
Physalis minima	5 Fleck., Well. u. Nekrosen	×××	5 Fleck., Well. u. Nekrosen	×××	5 Fleckung	×××
Physalis philadelphica .	5 Fleckung und Wellung	×××	1 Aufhellen der Blattnerven	×	3 Fleckung	×
Salpiglossis sinuata . . .	3 Fleckung	×	3 Fleckung	×	2 Fleckung	×
Schizanthus pinnatus . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Scopolia lurida	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum armatum . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	×××
Solanum capsicastrum . .	2 Fleckung	×	5 keine Symptome		2 Fleckung	×
Solanum citrullifolium . .	2 nekrotische Fleckung	×	3 nekrotische Fleckung	××	1 nekrotische Fleckung	××
Solanum dulcamara . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum gilo	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum gracile	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum guineense . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum insulae-paschalis	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum insulatum . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		3 Fleckung	×
Solanum integrifolium . .	1 Fleckung und Wellung	×	1 Fleckung und Wellung	×	5 keine Symptome	
Solanum jasminoides . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Aufhellen der Blattnerven	×
Solanum melongena . . .	5 keine Symptome		2 Fleckung	×	2 Kräuselung	×
Solanum memphiticum . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum miniatum . . .	4 Fleckung	×	3 Fleckung	××	5 Fleckung	×
Solanum nigrum	5 keine Symptome		5 keine Symptome		2 Fleckung	×
Solanum nitidibaccatum .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum racemigerum . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	×
Solanum Roberti-Eliae .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	×—××
Solanum rubrum . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 Fleckung	×
Solanum sinuatum . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum sisymbriifolium .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum sodomaeum . .	5 keine Symptome		2 Aufhellen der Blattnerven	×—××	5 Fleckung	××
Solanum villosum . . .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	
Solanum Zuccagnianum .	5 keine Symptome		5 keine Symptome		5 keine Symptome	

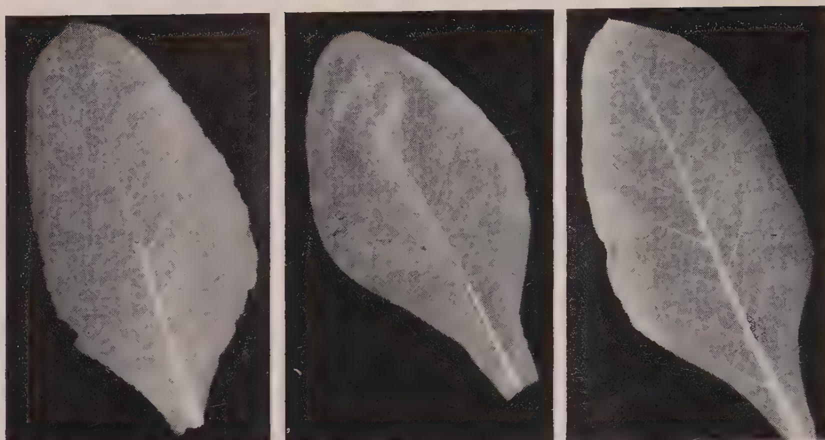


Abb. 5
Nicotiana alata: links infiziert mit Y-Virus, Aufhellen der Blattnerven; rechts infiziert mit A-Virus, Aufhellen der Blattnerven; in der Mitte Kontrolle

ihrem Verhalten gegenüber den einzelnen Viren sehr unterschiedlich. Während einige überhaupt keine, nur schwache oder vereinzelt auftretende Befallsbilder zeigten, war auch eine Reihe deutlicher Symptomträger vorhanden, unter denen uns einige als Testpflanzen geeignet erschienen. Die Beeinträchtigung des Wuchses war im allgemeinen gering. Ähnliche Unterschiede im äußeren Befall waren bei den Gattungen *Petunia* und *Physalis* zu verzeichnen. Die geprüften Arten von *Solanum* ließen nach Abreiben mit den drei Viren zum größten Teil überhaupt keinen Befall und keine Wuchsschäden erkennen. Nur bei wenigen wurde eine meist leichte Fleckung hervorgerufen, die nur nach Infektion mit X-Virus etwas häufiger auftrat.



Abb. 6
Nicotiana fragrans:
links infiziert mit A-Virus, Aufhellen der Blattnerven; rechts Kontrolle

Unter denjenigen Solanaceen, die keine Symptome gezeigt haben, können gegen das betreffende Virus tolerante oder resistente Formen vorhanden sein. Dieser Frage wurde aber nicht weiter nachgegangen, da sie nicht in die Problemstellung dieser Arbeit fällt.

In den weiteren Arbeiten wurden nun solche Arten einer näheren Prüfung unterzogen, die uns bei der ersten Untersuchung als aussichts-

reiche Testpflanzen erschienen waren. Diese wurden während des Sommers nochmals infiziert, wobei sich ergab, daß allgemein Häufigkeit und Stärke des Befalls gegenüber der Frühjahrsinfektion vermindert war. Diese Feststellung stimmt auch mit den bereits gemachten Erfahrungen überein, nach denen im Frühjahr und Herbst die günstigsten Bedingungen für Infektion durch Abreiben vorliegen. Für gute Testpflanzen ist es jedoch wünschenswert, daß sie während des ganzen Jahres deutlich und sicher Symptome zeigen. Deshalb wurden alle Arten, die im Sommer nicht befriedigt hatten, ausgeschieden und in die 3. Prüfung im Herbst nur folgende einbezogen:

Hyoscyamus albus
Hyoscyamus aureus
Hyoscyamus canariensis
Nicotiana alata
Nicotiana fragrans
Nicotiana gigantea
Nicotiana glauca
Nicotiana Langsdorffii
Nicotiana longiflora
Nicotiana paniculata
Nicotiana Sanderae
Nicotiana silvestris
Physalis philadelphica
Physalis minima.

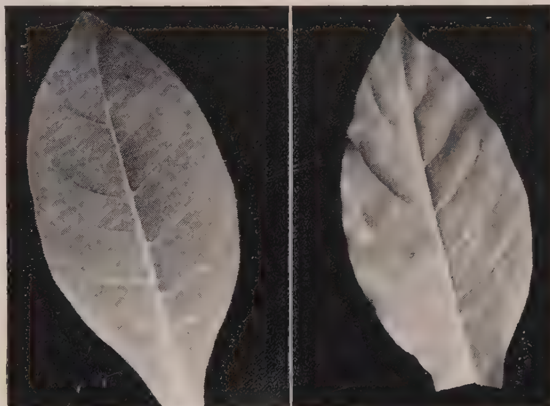


Abb. 7
Nicotiana glauca:
links infiziert mit A-Virus. Aufhellen der Blattnerven; rechts Kontrolle

Bei all diesen Arten riefen die drei Kartoffelviren Symptome hervor. Im folgenden werden aber nur diejenigen eingehend behandelt, die den gestellten Anforderungen einer Testpflanze besonders für A-Virus zu entsprechen scheinen.

Nicotiana alata:

A-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 3 starkes Aufhellen, 2 Aufhellen der Blattnerven.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 leichtes Aufhellen der Blattnerven.
3. Prüfung: 10 Pflanzen, davon 7 Aufhellen der Blattnerven, 3 keine Symptome.

Y-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 1 starkes Aufhellen, 2 Aufhellen, 2 leichtes Aufhellen der Blattnerven.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 1 Aufhellen, 1 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 3 keine Symptome.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 1 starkes Aufhellen, 2 Aufhellen, 1 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.

X-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 leichte Fleckung.
2. Prüfung: 3 Pflanzen, alle 3 leichte Fleckung.
3. Prüfung: 10 Pflanzen, davon 2 Fleckung, 6 leichte Fleckung, 2 gesund.

Nicotiana alata zeigte bei allen drei Viren Symptome. Auf Infektion mit A-Virus reagierte sie mit deutlichem, starkem Aufhellen der Blattnerven. Das gleiche Verhalten zeigte sie gegenüber dem Y-Virus, nur in etwas schwächerer Form. Neben dem Virusstamm der Zeeuwschen Blauwen wurde auch der der Thorbecke zur Infektion herangezogen und ergab ebenfalls Aufhellen der Blattnerven. Das X-Virus verursachte eine leichte, hell- und dunkelgrüne Fleckung ohne nekrotische Läsionen. Bei allen drei Viren erkrankte ein hoher Anteil der infizierten Pflanzen.

Nicotiana fragrans:

A-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 3 starkes Aufhellen, 1 Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.

Y-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 3 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 2 keine Symptome.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 2 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 3 keine Symptome.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 keine Symptome.

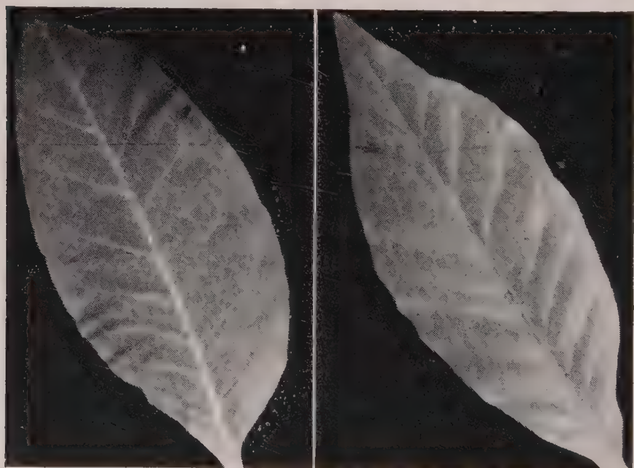


Abb. 8
Nicotiana Langsdorffii: links infiziert mit Y-Virus, Aufhellen der Blattnerven; rechts Kontrolle

X-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 2 leichte Fleckung, 3 keine Symptome.
2. Prüfung: 3 Pflanzen, davon 1 leichte Fleckung, 2 keine Symptome.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 nekrotische Flecke und Ringe, 1 keine Symptome.

Nicotiana fragrans fiel dadurch auf, daß sie beim A-Virus sehr gute Symptome hervorbrachte, hingegen auf das Y-Virus der Zeeuwschen Blauwen so wie das der Thorbecke wenn überhaupt, meistens nur durch leichtes Aufhellen der Blattnerven reagierte. Dieser Tabak würde sich danach für alle jene Fälle besonders eignen, bei denen vor allem auf das Feststellen des A-Virus Wert gelegt wird. Das X-Virus verursachte lediglich in der letzten Prüfung deutlich sichtbaren Befall.

Nicotiana longiflora:

A-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 3 Aufhellen, 1 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.
3. Prüfung: 4 Pflanzen, alle 4 Aufhellen der Blattnerven.

Y-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 2 Aufhellen, 2 leichtes Aufhellen der Blattnerven, 1 keine Symptome.
2. Prüfung: 4 Pflanzen, alle 4 Aufhellen der Blattnerven.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 3 Aufhellen, 2 leichtes Aufhellen der Blattnerven.

X-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 Fleckung und Nervenbänderung.
2. Prüfung: 3 Pflanzen, alle 3 keine Symptome.
3. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 1 starke, 1 mittlere, 3 leichte nekrotische Flecke.



Abb. 9
Nicotiana longiflora: links infiziert mit A-Virus, Aufhellen der Blattnerven und leichte Wellung; in der Mitte infiziert mit X-Virus, Nekrosen; rechts Kontrolle

Nicotiana longiflora zeigte bei A- und Y-Virus Aufhellen der Blattnerven, das sich beim ersteren etwas stärker ausprägte. Auch diese Tabakart verhielt sich gegenüber den beiden Stämmen des Y-Virus, dem der Zeeuwschen Blauwen und dem der Thorbecke gleich. Das X-Virus verursachte leichte aber deutliche Symptome.



Abb. 10
Nicotiana nudicaulis: links infiziert mit Y-Virus, Aufhellen der Blattnerven, Wellung und starke Beeinträchtigung des Wuchses; rechts Kontrolle

Physalis minima:

A-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 starke, 1 leichte Fleckung, Wellung und Nekrosen.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 Fleckung, Wellung und Nekrosen, 1 keine Symptome.
3. Prüfung: 21 Pflanzen, davon 3 leichtes Aufhellen, von ihnen 2 deutliche Fleckung, 18 keine Symptome.

Y-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 starke Fleckung, Wellung und Nekrosen.
2. Prüfung: 5 Pflanzen, davon 4 starke Fleckung, Wellung und Nekrosen, 1 keine Symptome.
3. Prüfung: 21 Pflanzen, davon 4 sehr starke Fleckung, Nekrosen und Kräuseln, 3 deutliche Fleckung, 2 leichte Fleckung, 12 keine Symptome.

X-Virus: 1. Prüfung: 5 Pflanzen, alle 5 starke Fleckung.
2. Prüfung: 3 Pflanzen, alle 3 Fleckung.
3. Prüfung: 21 Pflanzen, alle 21 sehr deutliche Fleckung und Nekrosen.

Physalis minima bildete nach Infektion mit A-, Y- und X-Virus deutliche Symptome aus. Sie waren beim A- und Y-Virus gleich und unterschieden sich von denen des X-Virus durch das Auftreten absterbender Zellpartien der Interkostalfelder und Blattnerven. Der Anteil erkrankter Pflanzen war bei den einzelnen Infektionen schwankend und die Art der Symptome nicht immer einheitlich. Das Y-Virus der Sorte Thorbecke löste keinen sichtbaren Befall aus.

Besprechung

Für die durchgeführten Prüfungen wurde je Virusart immer nur ein bestimmter Virusstamm benutzt. Das A-Virus, von dem uns bislang nur eine einzige Linie bekannt ist, wurde aus der Sorte Juli gewonnen. Beim Y-Virus sind bereits einige Stämme festgestellt worden. Wir benutzten den der Zeeuwschen Blauwen, der die schärfsten Symptome auf Samsun-Tabak hervorruft. Bei der letzten Prüfung wurde auch der Stamm der Thorbecke zur Infektion herangezogen. Die Wirkung der beiden Stämme war ungefähr gleich stark. *Physalis minima* zeigte allerdings nur bei dem der Zeeuwschen Blauwen Symptome. Vom X-Virus ist eine Reihe von Stämmen verschiedener Virulenz vorhanden (1). Das X der Jubel, das ausschließlich zur Verwendung kam, ist ein nekrogener Stamm, der auf Samsun-Tabak ziemlich deutlich hervortretende Ringnekrosen verursacht.

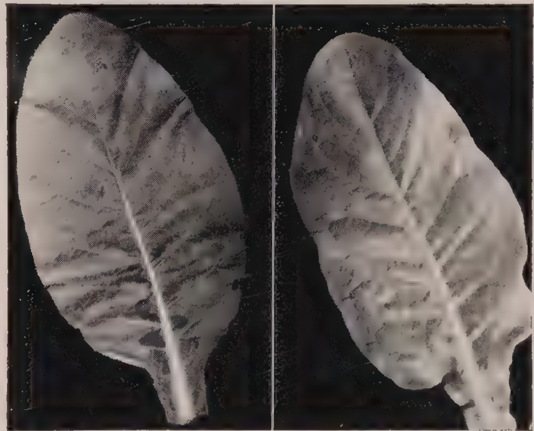


Abb. 11
Nicotiana paniculata: links infiziert mit A-Virus, Aufhellen der Blattnerven; rechts Kontrolle

Eine Reihe von Arten blieb bei allen drei Viren ohne sichtbaren Befall, weitere zeigten nur bei ein oder zwei Viren Symptome, ein geringerer Anteil wurde von allen drei Viren befallen. Das Fehlen von Symptomen könnte an einer mißlungenen Infektion, oder auch daran liegen, daß sich das Virus auf einzelne bestimmte Arten, obgleich sie anfällig sind, durch Abreiben nicht übertragen läßt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, daß die in unseren Untersuchungen symptomlosen Arten tolerant sind oder den eintretenden Viren überhaupt keine Vermehrungsmöglichkeiten mehr bieten.

In unseren Prüfungen haben wir die Pflanzenart als Einheit aufgefaßt. Verschiedene Fälle unserer Untersuchungen deuten aber darauf

hin, daß einige dieser Arten in Bezug auf ihr Verhalten gegen die Viren erblich als Population anzusehen sind. Durch Auslese entsprechender Linien könnten vielleicht aus ihnen bessere Symptomträger erhalten werden. Eine solche Selektion wäre wahrscheinlich auch bei den von uns als brauchbar bezeichneten Testpflanzen von Vorteil.

Einige *Nicotiana*-Arten erbrachten in unseren Versuchen bei allen drei Viren deutliche Symptome. Diese Species erscheinen uns besonders im Hinblick auf das A-Virus dem Samsun-Tabak überlegen. Die Physalisarten *minima* und *philadelphica* waren anfänglich recht vielversprechend. Bei den letzten Infektionen erwiesen sie sich iedoch in Art und Stärke



Abb. 12
Physalis minima:
Kontrolle — Infiziert mit X-Virus, Fleckung — Infiziert mit A-Virus, Aufhellen der Blattnerven — Infiziert mit Y-Virus, Nekrosen

der Symptome recht uneinheitlich. Vielleicht würde sich bei ihnen eine Linientrennung recht günstig auswirken.

In der Liste sind einige Arten vorhanden, die bereits andere Autoren auf ihr Verhalten gegen Kartoffelviren geprüft haben. So wurde *Hyoscyamus niger* von Schaffnit und Müller (5) mit dem Virus der Strichelnekrose der Kartoffel infiziert, das eine leichte, allmählich verschwindende Fleckung hervorrief. Smith (6) erhielt durch Y-Virus ebenso wie wir ein Aufhellen der Blattnerven ähnlich dem bei Tabak. Das X-Virus ruft nach Smith (6) und Salaman (4) schwer schädigende Nekrosen, bei schwachen X-Stämmen nur eine hell- und dunkelgrüne Fleckung hervor. In unseren Prüfungen konnte durch das verwendete Virus der Jubel kein sichtbarer Befall erhalten werden.

Nicandra physaloides hat nach Versuchen von Köhler (2) und auch nach unseren beim A- und Y-Virus keine Symptome gezeigt. Schaffnit und Müller (5) haben nach Infektion mit der Strichelnekrose der Kar-

toffel eine Mosaikfleckung, nach der mit Fleck- und Kräuselmosaik ebenfalls eine schwache Fleckung beobachten können. Man ist an Hand der Beschreibungen jedoch berechtigt, anzunehmen, daß bei ihnen Mischinfektionen vorlagen.

Smith (6) untersuchte Species von *Petunia* und fand bei gewissen Arten hohe Widerstandsfähigkeit gegen X-Virus, bei Y-Virus leichtes Auf-



Abb. 13
Physalis minima: links infiziert mit A-Virus; rechts infiziert mit Y-Virus; in der Mitte Kontrolle

hellen der Blattnerven. In den eigenen Untersuchungen wurden an *Petunia inflata* Fleckungen, an *Petunia nyctaginiflora* Wellung der Blätter, an *Petunia axillaris* und *Petunia violacea* keine Symptome festgestellt. Bei diesen Arten, *Petunia violacea* ausgenommen, trat nach Infektion mit A- und Y-Virus Aufhellen der Blattnerven, zum Teil Fleckung oder Wellung der Blätter auf.

Solanum dulcamara zeigte in den Versuchen von Schaffnit und Müller (5) mit Fleck- und Kräuselmosaik der Kartoffel und in den eigenen mit X-Virus keinen Befall. Smith (6) gibt als X-Virus-Symptome dunkle, kreisförmige Läsionen an, die aber später verschwinden. Beim Y-Virus konnte der gleiche Autor durch Saftinokulation ebenso wie wir keinen sichtbaren Befall erzielen.

Unsere Infektionen von *Solanum nigrum* mit A- und Y-Virus erbrachten entsprechend den Ergebnissen von Köhler (2) keine Symptome. Smith (6) hingegen beobachtete beim Y-Virus eine charakteristische Nervenbänderung, die aber später verschwand. Beim X-Virus erhielt er

ebenso wie Schaffnit und Müller (5) eine Fleckung, die auch in unseren Prüfungen auftrat.

Köhler (2) untersuchte *Solanum racemigerum* auf Anfälligkeit gegen A- und Y-Virus. Es zeigte beim ersten keinen, beim zweiten nur teilweise manifesten Befall. In den eigenen Versuchen riefen beide Viren keine Symptome hervor, X-Virus eine Mosaikfleckung.

In der Abhandlung von Köhler (2) über Viren der Y-Gruppe werden die hier von uns nicht einbezogenen Arten *Nicotiana tabacum c. Samsun Nicotinia glutinosa* und *Datura stramonium* behandelt. Die Symptome von Samsun-Tabak sind bekannt, *Nicotinia glutinosa* bildet bei Infektion mit Y-Virus Gelbfleckenmosaik und Kräuseln aus und bleibt bei A-Virus gesund. *Datura stramonium* zeigt bei beiden Viren keine Symptome.

Von den zahlreichen von uns geprüften Arten der Familie der Solanaceen zeichneten sich bei Befall mit A-Virus nur wenige durch gute Symptome aus. Von ihnen dürften aber nur einige den an eine Testpflanze gestellten Anforderungen entsprechen. In unseren Ergebnissen schnitten die drei ausführlich besprochenen *Nicotiana*-Arten, *N. alata, N. fragrans* und *N. longiflora,* die neben dem A-Virus auch Y- und X-Virus zeigten, am besten ab. Bei *N. fragrans* traten die durch A-Virus verursachten Symptome meistens stärker hervor als die des Y-Virus, während sie sich bei den übrigen Arten nicht wesentlich unterschieden. Auch der zeitliche Verlauf der Krankheit war bei allen drei Arten fast gleich und ungefähr so wie beim Samsun-Tabak, so daß sie nach unseren Ergebnissen für das Abtesten von Kartoffeln auf A-Virus als geeignet anzusehen sind.

Zusammenfassung

1. 68 verschiedene Species der Solanaceen wurden auf das Auftreten von Symptomen nach Infektion durch Abreiben mit A-, Y- und X-Virus der Kartoffel unter Berücksichtigung ihrer Eignung als Testpflanzen für A-Virus untersucht. Die im Frühjahr durchgeführte Prüfung wurde im Sommer und im Herbst wiederholt, um die Pflanzenarten festzustellen, die sich in allen drei Jahreszeiten durch regelmäßigen und deutlich sichtbaren Befall auszeichnen.

2. Die Arten werden nach Gattungen geordnet zusammenfassend besprochen. Diejenigen mit guten Symptomen erfahren eingehende Behandlung.

3. *Nicotiana alata, Nicotiana fragrans, Nicotiana longiflora* ergaben in allen drei Prüfungen sicheren und deutlichen Befall beim A-Virus. Sie zeigten auch beim Y- und X-Virus der Kartoffel klare Symptome.

Schrifttum

1 Köhler, E. Über die X^E-Gruppe des Kartoffel-X-Virus. Zentralblatt für Bakt., II. Abt., 101, 29—40; 1939.

2 Köhler, E. Weitere Studien über die Vira der Y-Gruppe der Kartoffel. Phytopathologische Zeitschrift, 12, 480—489; 1939/40.

3 Köhler, E. Der Virusnachweis an Kartoffeln. Eine Anleitung für Züchter und Kartoffelbegutachter. Mitteilung a. d. B. R. A., 61, 1—9; 1940.

4 Salaman, R. N. The potato virus "X" its strains and reactions. Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B, 229, 137—217; 1938.

5 Schaffnit, E. und Müller, W. Wechselseitige Virusübertragungen innerhalb der Familie der Solanaceen. Phytopathologische Zeitschrift, 3, 105—136; 1931.

6 Smith, K. M. Textbook of plant virus diseases. London 1937.

Aus dem Institut für spezielle Botanik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
Direktor: Prof. Dr. E. Gäumann

Untersuchungen über *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc., ihre Nebenfruchtform *Coryneum macrosporum* Berk. und *Asterosporium Hoffmanni* Kze.

Von

Hans Fischer

Mit 8 Abbildungen

Massaria macrospora (Desm.) Sacc. wurde von Herrn Dr. Défago (Lausanne) südlich von Monthey (Wallis) und von mir bei Küngoldingen, Oftringen (Aargau) auf *Fagus silvatica* gefunden.

In der Beschreibung von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. erwähnt P. A. Saccardo 1883 in „Syll. Fung", Vol. II, S. 10, zwei Nebenfruchtformen: Eine Konidienfruchtform, *Coryneum macrosporum* Berk. und eine Pyknidienfruchtform, *Diplodia faginea* Fr.

Sehr oft fand ich die Hauptfruchtform von *Massaria macrospora*, die Konidienfruchtform *Coryneum macrosporium* und Sporenhäufchen von *Asterosporum Hoffmanni* auf abgestorbenen Zweigen von *Fagus silvatica* miteinander vergesellschaftet (Abb. 1). Ohne Untersuchung könnte man glauben, daß *Asterosporium Hoffmanni* eine Nebenfruchtform von *Massaria macrospora* sei. Das Pyknidienstadium dagegen habe ich nie vorgefunden.

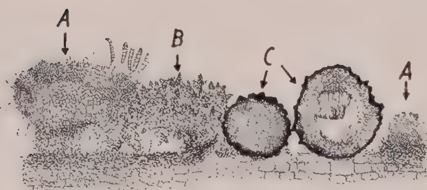


Abb. 1
Schnitt durch: A. Koremien von *Coryneum macrosporum* Berk. B. Sporenhäufchen von *Asterosporium Hoffmanni* Kze., vergesellschaftet mit: C. Pseudothecien von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. auf Zweigen von *Fagus silvatica*. Vergr. 37.

W. B. Grove schreibt im „British Stem- and Leaf-Fungi", daß er *Asterosporium Hoffmanni* mit *Cucurbitaria macrospora* Ces. & de Not in der gleichen Pustel habe wachsen gesehen. Auch ihm scheint es, daß *Cucurbitaria macrospora* Ces. & de Not. (Syn. *Massaria macrospora* [Desm.] Sacc.) das vollständige Stadium von *Asterosporium Hoffmanni* Kze. sei.

Pseudothecien von *Massaria macrospora* fand ich auf abgestorbenen Buchenzweigen, sowohl am Baum als auch am Boden. Wie ich vermute,

faßt der Pilz auf verletzten Stellen Fuß, Frostschäden usw. Auch Aststrünke waren sehr oft mit Haupt- und Nebenfruchtformen der *Massaria macrospora* besetzt. Ich konnte nirgends beobachten, daß sich der Pilz nur auf einen bestimmten Teil der Baumkrone beschränkte. Im allmeinen waren die kranken Äste auf der Unterseite stärker befallen als auf der Oberseite. Ich konnte jedoch nie größeren, durch den Pilz verursachten Schaden feststellen.

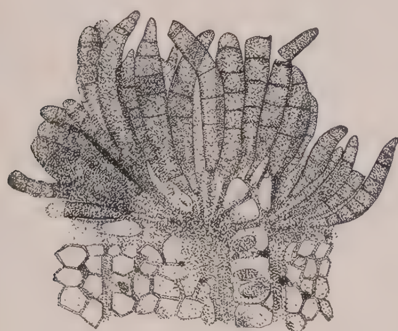


Abb. 2
Längsschnitt durch ein Koremium von *Coryneum macrosporum* Berk., hervorgegangen aus einer Infektion durch eine Ascosporenkultur von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. auf *Carpinus Betulus*.
Vergr. 200.

Die folgenden Infektionsversuche wurden nach der Anbrennmethode angebrannt ausgeführt. Buchenäste von 0,5 bis 2 cm Durchmesser wurden auf einer Seite mit einem ca. 2 cm breiten, glühenden Blech ausgebrannt. Auf diese Stelle wurde die Pilzkultur gestrichen, mit Watte und Cellophan verbunden, die Watte gut befeuchtet und beidseitig zugebunden. Nach vier Wochen wurde Cellophan und Watte abgelöst. Je nach Wetter wurde die Watte während dieser Zeit ein oder mehrere Male mit sterilem Wasser befeuchtet.

Infektionsversuche mit jungen Einsporkulturen auf Zweigen von *Carpinus Betulus* und *Fagus silvatica* zeigen folgende Resultate:

a) Infektionen mit Ascosporenkulturen von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. auf *Carpinus Betulus*. Von 8 Infektionen und 4 Kontrollversuchen,

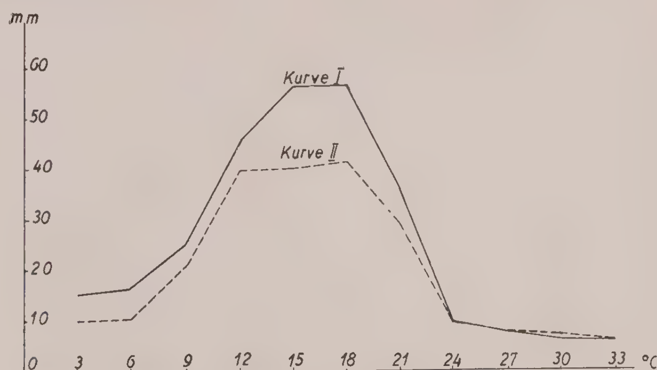


Abb. 3
Einfluß der Temperatur auf das Flächenwachstum von:
Kurve I: *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc.,
Kurve II: *Coryneum macrosporum* Berk. auf Malzagar
nach 30 Tagen.

die Ende Frühling 1939 ausgeführt wurden, beobachtete ich anfangs Frühling 1941 auf 4 Infektionsstellen Koremien von *Coryneum macrosporum* (Abb. 2). Auf weiteren Infektionsstellen waren nur vereinzelte Konidien zu finden und bei einer Infektionsstelle und den Kontrollversuchen waren weder Sporen, noch leere Fruchtkörper vorhanden. Von den 12 Versuchsästen war ein Kontrollast abgestorben, während alle übrigen keine eigentlichen Krankheitserscheinungen zeigten.

Auf jungen Exemplaren von *Fagus silvatica* wurden im Frühling 1942 6 Infektions- und 3 Kontrollversuche gemacht. Im November 1942 kam ich zu folgenden Ergebnissen:



Abb. 4
Längsschnitt durch ein Koremium von *Coryneum macrosporum* Berk., hervorgegangen aus einer Ascosporenkultur von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. auf Malzagar
Vergr. 33.

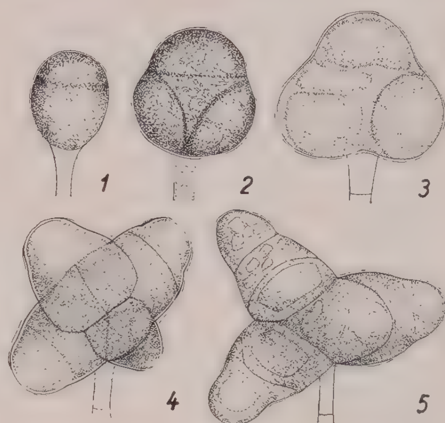


Abb. 5
Sporenentwicklung
von *Asterosporium Hoffmanni* Kze. Vergr. 665.
1: Kugelige Zelle an der Spitze eines fadenförmigen Trägers. 2: 4-zelliges Stadium mit birnenähnlicher Form. 3: Älteres 4-Zellenstadium. 4: Junge Spore. 5: Reife Spore.

Auf 5 Infektionsstellen wuchsen Koremien von *Coryneum macrosporum*, auf der 6. Infektions- und auf den 3 Kontrollstellen fand ich weder Sporen noch Fruchtgehäuse. Von den 9 Versuchsästen war keiner abgestorben und zeigten auch keine eigentlichen Krankheitserscheinungen.

b) Infektionen mit Konidienkulturen von *Coryneum macrosporum* Berk. auf *Carpinus Betulus*. Zur gleichen Zeit wie bei den obigen Versuchen infizierte ich 6 Äste und führte parallel dazu 3 Kontrollversuche. Ende Sommer 1941 fand ich nur auf 2 Infektionsstellen einzelne Konidien von *Coryneum macrosporum:* auf den übrigen Infektions- und Kontrollstellen waren weder Sporen, noch leere Fruchtkörper zu beobachten. Zwei infizierte Äste starben bald nach der Infektion ab. Sehr wahrscheinlich ist der Grund dazu nicht in der Pilzwirkung, sondern im überstarken Anbrennen des Astes vor der Infektion zu suchen.

Von den 6 Infektionen mit *Coryneum macrosporum* auf *Fagus silvatica* wies eine Infektionsstelle nach 6 Monaten Koremien von *Coryneum ma-*

crosporum auf, während auf den übrigen Infektions- und Kontrollstellen keine Sporen oder Fruchtkörper gebildet worden waren.

c) Diese 6 Infektionsversuche mit Kulturen von *Asterosporium Hoffmanni* Kze. auf *Carpinus Betulus* und auf *Fagus silvatica* verliefen alle erfolglos.

Bei allen Infektionsversuchen brachte der Pilz die Zweige nicht zum Absterben und blieb auf die Infektionsstelle beschränkt.

Die untersuchten Pilze sind also nur leicht pathogen; sie dehnen sich erst nach vorausgegangener Schwächung der Buchenzweige bzw. Äste aus.

Temperaturversuche wurden mit Einsporkulturen in Thermostaten von 3—33° C mit je 3° C Differenz durchgeführt.

Wie die Temperaturkurven zeigen (Abb. 1, Kurve I und II), erreicht sowohl das Wachstum der Ascosporen- wie auch der Konidienkultur ihr Optimum zwischen 18° und 19° C; nachher fällt es stark ab bis gegen 24° C. Bei 27° C ist das Wachstum sehr schwach, und darüber, bis 33° C, kann der Pilz gerade noch leben. Die Ascosporen- zeigt gegenüber der Konidienkultur rascheres Wachstum.

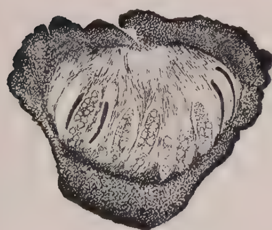


Abb. 6
Längsschnitt durch ein Pseudothecium von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. zeigt, wie die Pseudoparaphysen in die Decke des Fruchtkörpers übergehen. Vergr. 70.

Die Ascosporen- und die Konidienkulturen brachten auf Malzagar von 3—18° C massenhaft Konidienbüschel hervor (Abb. 4). Die Sporen stimmen mit denjenigen von *Coryneum macrosporum* (8—13-zellig) auf den Buchenzweigen im allgemeinen überein. Die Sporen, die auf Agar gebildet wurden, sind aber nur 6—12-zellig und etwas heller. Bei den höheren Temperaturen konnte ich keine Konidienproduktion mehr feststellen.

In jüngeren wie älteren Ascosporen- und Konidienkulturen aller Thermostaten wurden weder Pyknidien noch Pyknosporen von *Diplodia faginea* oder viergipflige Sporen von *Asterosporium Hoffmanni* erzeugt.

Einsporkulturen von *Asterosporium Hoffmanni* brachten im Reagenzglas auf schiefer Agarfläche wieder dieselben gipfligen Sporen hervor. Ich konnte aber weder Konidien von *Coryneum macrosporum*, noch Pyknosporen oder Pyknidien von *Diplodia faginea* finden.

W. B. Grove hat die Sporenentwicklung von *Asterosporium Hoffmanni* in „British Stem- and Leaf-Fungi" beschrieben. Meine Beobachtungen stimmen im allgemeinen mit den seinigen überein.

An der Spitze des fadenförmigen Sporenträgers entsteht eine kugelige Zelle (Abb. 5, 1), die zu einer birnenähnlichen Form anschwillt (Abb. 5, 2). Der obere, kleinere Teil wird durch eine horizontale Wand vom unteren und größeren getrennt, welcher in ungefähr drei gleiche Stücke (bei Winkeln von ca. 120°) geteilt wird (Abb. 5, 3). Die gebildeten vier Wände

stellen wahrscheinlich die Seiten eines Tetraeders dar, das duech das Ende des Konidienträgers im Gleichgewicht gehalten wird. Jeder der vier einzelligen Teile verlängert sich in der Richtung des am weitesten von der Mitte des Tetraeders entfernten Punktes (Abb. 5, 4). Diese vier rasch wachsenden Zellen werden zuerst 2-, dann 3-septig und sind im Endstadium in Abb. 5, 5 dargestellt.

Bis jetzt war *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. in der Literatur innerhalb der Shaeriales zu finden. Meine Mikrotomschnitte durch jüngere „Perithecien“ von *Massaria macrospora* zeigen jedoch, daß es sich um eine pseudophaeriale Art handelt. Ich konnte beobachten, daß die „Paraphysen“ mit dem die Ascusschicht deckenden Stroma zusammenhängen (Abb. 6), im Gegensatz zu den sphaerialen Formen, wo die echten Paraphysen meist die Höhe der Asci nicht übersteigen und auf alle Fälle oben frei



Abb. 7
Verzweigte Pseudoparaphysen von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc Pseudothecien
Vergr. 1170.



Abb. 8
Älteres Koremium von *Coryneum macrosporum* Berk. (Anfangsstadium eines Pseudotheciums?) auf Zweigen von *Fagus silvatica*.
Vergr. 50.

sind (Gäumann, 1926). Weiter stimmen die Schläuche, die zu einer Schicht von der Basis aus mehr oder weniger divergierenden Asci angeordnet sind, mit den Merkmalen der Pseudosphaeriales überein.

Bei den vielen Hand- und Mikrotomschnitten fiel mir auf, daß die Konidien von *Coryneum macrosporum* in den älteren Stadien meist auf der Oberfläche von kugeligen Gebilden, die jungen Gehäusen ähnlich sind, abgeschnürt werden (Abb. 8). Da diese in Größe und Gestalt Fruchtkörpern sehr ähnlich sind, kann es sich vielleicht um junge Pseudothecien handeln. Leider konnte ich keine entscheidenden Stadien beobachten, um die Ungewißheit zu klären.

Zusammenfassung

1. Der Pilz ist für Buche schwach pathogen.
2. Nach den vorliegenden Beobachtungen gehört *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. nicht mehr unter die Sphaeriales, sondern unter die Pseudosphaeriales.
3. Weder auf abgestorbenen Zweigen von *Fagus silvatica*, noch auf den Infektionsstellen (auf *Carpinus Betulus* und *Fagus silvatica*)

oder Agarkulturen, hervorgegangen aus Ascosporen von *Massaria macrospora* oder Konidien von *Coryneum macrosporum*, fand ich Pyknosporen oder Pyknidien von *Diplodia faginea* Fr. Ich muß daher *Diplodia faginea* Fr. als Nebenfruchtform von *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc. bezweifeln.

4. Nach meinen Kulturversuchen gehört *Asterosporium Hoffmanni* Kze. nicht zu *Massaria macrospora* (Desm.) Sacc.

Schrifttum

Gäumann, E., 1926. Vergleichende Morphologie der Pilze. S. 212. Jena.

— 1940. Neuere Erfahrungen über die Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten. Zeitschrift für Botanik, **35**, S. 450—451, 471—477.

Grove, W. B., 1937. British Stem- and Leaf-Fungi, **2**, S. 341, Cambridge.

Saccardo, P. A., 1883. Sylloge Fungorum, **2**, Pyrenomyceten, S. 10.

Kurze Mitteilungen

Die Topallik-Erkrankung der Baumwolle

Von **Gustav Gaßner**

Mit 5 Abbildungen

In den ausgedehnten türkischen Baumwollgebieten südlich von Adana und Tarsus fielen dem Verfasser auf mehrfachen Besichtigungsreisen in den Jahren 1936—1938 stark lückige Baumwollfelder auf (Abb. 1). Die Pflanzen waren normal aufgelaufen, entwickelten sich zunächst auch gut, gingen dann aber mit Einsetzen der sommerlichen Trockenheit nesterweise oder auch vereinzelt unter eigenartigen Erscheinungen zugrunde. Die Blätter der Pflanzen welkten, wobei die Blüten durch den Welkeprozeß erst später in Mitleidenschaft gezogen werden, so daß solche Pflanzen zunächst voll geöffnete Blüten bei gleichzeitig stark



Abb. 1
Baumwollfeld südlich von Tarsus mit Fehlstellen durch Topallik-Erkrankung der Baumwollpflanzen

welkenden Laubblättern aufweisen (Abb. 2). Während gesunde Baumwollpflanzen außerordentlich fest im Boden wurzeln, zeigten die erkrankten Pflanzen nur noch einen sehr geringen Halt, so daß auch mäßige Windwirkungen ausreichen, die Pflanzen schräg zu stellen; geringe mechanische Einwirkungen, etwa eine leichte Berührung mit dem Fuß, genügen, die Pflanzen zum Umfallen zu bringen. Die Pflanzen sind also solchen Beanspruchungen gegenüber hilflos wie ein lahmer Mensch, weshalb die Baumwollbauern der Erscheinung den Namen „Topallik", d. h. Lahmheit oder Lahmsein, gegeben haben.

Erkrankte Pflanzen lassen sich ohne weiteres und ohne jede Anstrengung aus dem Boden ziehen; sie besitzen keine oder fast keine Wurzeln, so daß also in typischen Fällen der kräftig entwickelte Stamm der Pflanze wie ein kurzer Pfahl im Boden steckt. Die in Abb. 2 dargestellte Pflanze ist unmittelbar nach dem Herausziehen aus dem Boden photographiert; der stummelförmige untere Stammteil hatte etwa 6 cm im Boden gesteckt und entbehrte aller Wurzeln. In Abb. 3 sind drei weitere Stammstümpfe Topallik-kranker Baumwollpflanzen dargestellt, von denen zwei überhaupt keine, und der mittlere eine etwas längere

und eine kurze Wurzel aufweisen. Abb. 4 zeigt zwei Pflanzen mit weniger extremen Symptomen, jedoch ist auch hier die Unterdrückung der Wurzelbildung bzw. das nachträgliche Verschwinden früher vorhanden gewesener Wurzeln unverkennbar.

Es ist verständlich, daß die Ursache des Wurzelverlustes und der dadurch bedingten Welkeerscheinungen zunächst in Beschädigungen der Pflanzen durch Tierfraß gesucht wurde. Jedoch ließen sich niemals auch nur die geringsten Anzeichen für Fraßbeschädigungen der Wurzeln finden. Ebensowenig waren pilzliche Erreger festzustellen; die mikroskopische Untersuchung ergab weder Pilzmyzel noch Pilzfruktifikationen. Die Wurzeln waren eben einfach verschwunden, während sich der Stamm an den früheren Ansatzstellen der Wurzeln durch eine starke Peridermbildung völlig gegen offensichtlich schädliche Einflüsse der Außenwelt abgekapselt hatte.



Abb. 2
Topallik-kranke Baumwollpflanze mit welkenden Blättern, aber noch frischer Blüte. Der Stamm der aus dem Boden gezogenen Pflanze entbehrt aller Wurzeln.

Da tierische und pflanzliche Schädlinge nach dem Vorstehenden nicht in Frage kamen, mußte die Ursache der Topallik-Erkrankung in Eigentümlichkeiten der Bodenverhältnisse gesucht werden. Den ersten und entscheidenden Hinweis gab die Betrachtung der Unkrautflora: Topallikerkrankungen ließen sich stets nur dort beobachten, wo Halophyten als Unkräuter auftraten. Die weiteren Untersuchungen ließen keinen Zweifel, daß es sich bei der Topallik-Erkrankung um eine typische Wirkung allmählich zu hohen Werten ansteigender Salzkonzentrationen handelt. Im Frühjahr, also nach der Aussaat, enthält der Boden noch so viel Wasser, daß keine schädlichen Salzkonzentrationen auftreten können; dementsprechend sind Keimung und erste Entwicklung der Pflanzen normal. Mit zunehmender Sommertrockenheit kommt es dann aber zu bedeutenden Konzentrationssteigerungen des Salzgehaltes im Boden; diese werden schließlich so hoch, daß die entwickelten Wurzeln zugrunde gehen. Eine Neubildung von Wurzeln ist nach Regenfällen und Bewässerung möglich, jedoch gehen auch diese Wurzeln bei wiedereintretender Trockenheit und dadurch bedingter erneuter Konzentrationssteigerung des Salzgehaltes wieder zugrunde. So steckt schließlich der Stamm der Pflanze ohne alle Wurzeln im Boden; der mit dem Salzboden in Berührung stehende Stammstumpf ist durch seine allseitige kräftige Peridermbildung gegen die Einwirkung zu hoher Salzkonzentrationen geschützt, so daß die Pflanze zunächst am Leben bleibt, bis Wassermangel zum Tode führt.

Daß es sich bei der Topallik-Erkrankung der Baumwolle um eine spezifische Salzwirkung auf die Wurzeln der Baumwollpflanze handelt, läßt sich leicht durch



Abb. 3
Untere, ganz oder fast völlig wurzellose Stammteile von Baumwollpflanzen mit starkem Topallik
Bei ——→ Bodenoberfläche



Abb. 4
Untere Stammteile Topallik-kranker Baumwollpflanzen mit schwächeren Krankheitserscheinungen
Bei ——→ Bodenoberfläche

Versuche nachweisen, in denen Topallik-kranke Pflanzen in normalen, also praktisch salzfreien Boden umgepflanzt werden; sie regenerieren hier in kürzester Zeit und mit überraschender Kraft ihr Wurzelsystem. Abb. 5 zeigt eine früher schwer Topallik-kranke Baumwollpflanze, die zur Zeit des Umpflanzens überhaupt keine Wurzeln aufwies, nur zwei Wochen nach dem erfolgten Umpflanzen in normalen Ackerboden. Für die Durchführung dieser Versuche bin ich dem phytopathologischen Sachverständigen der Pflanzenschutzstation Adana, Herrn Rauff, zu Dank verpflichtet.



Abb. 5
Wiederbewurzelung einer schwer Topallik-kranken und völlig wurzellosen Baumwollpflanze nach Übertragen in normalen, salzfreien Ackerboden

Wie einleitend erwähnt, wurde die Topallik-Erkrankung 1936—1938 in den Baumwollgebieten südlich von Adana und Tarsus in großem Umfang und regelmäßig beobachtet. Nach eingesandtem Material zu urteilen, scheint sie jedoch auch in anderen Baumwollgebieten der Türkei vorzukommen. So erhielt ich Ende Juli 1937 durch Vermittlung der Pflanzenschutzstation Bornova Baumwollpflanzen aus der Nähe von Bergama zugesandt, die unter typischen Topallik-Symptomen vertrocknet waren und ebenfalls aller Wurzeln entbehrten.

Die Topallik-Erkrankung der Baumwolle ist nicht nur für den Pflanzenphysiologen und -pathologen von besonderem Interesse, weil es sich hier um eine eigenartige Reaktion einer wichtigen Kulturpflanze auf einen sich während der Vegetationsdauer allmählich vollziehenden Anstieg des Salzgehaltes des Bodens zu unzulässigen Werten handelt. Darüber hinaus lenkt die Topallik-Erscheinung erneut die Aufmerksamkeit auf die schweren Gefahren, die dem Baumwollbau durch Versalzung der Böden drohen; es kann wohl nicht zweifelhaft sein, daß das Wurzelsystem der Baumwollpflanze und damit der Ertrag auch schon durch Salzkonzentrationen in Mitleidenschaft gezogen werden, die noch nicht zu typischem Topallik führen.

Zusammenfassung

In ausgedehnten Gebieten des türkischen Baumwollbaus wurde eine von den dortigen Baumwollbauern als Topallik bezeichnete Erkrankung der Baumwollpflanzen beobachtet, die in eintretender Wurzellosigkeit und anschließendem Vertrocknen der in Mitleidenschaft gezogenen Pflanzen besteht.

Die Erscheinung beruht auf einem unzulässigen Anstieg des Salzgehaltes des Bodens während der sommerlichen Trockenheit.

Aus dem Forschungsinstitut für Pflanzenschutz und Biologie der Fahlberg-List A.-G., Magdeburg-Südost
Leitung: Prof. Dr. G. Gaßner

Über ungleiche Beizempfindlichkeit der Sporen verschiedener Brandpilze

Von **Josip Kišpatić**

Wenn wir von der Beizwirkung bestimmter fungizider Stoffe oder Lösungen sprechen, so setzen wir hierbei meist stillschweigend voraus, daß sich die Sporen der verschiedenen Brandpilze gegenüber den Beizmitteln annähernd gleich verhalten. So haben Gaßner und Esdorn (Arb. Biolog. Reichsanstalt, **11**, 1923, S. 373) die Lage der dosis curativa einer ganzen Reihe von Quecksilberbeizmitteln an den Sporen von *Tilletia tritici* bestimmt, während Klages (Chem.-Zeitung **40**, 1927, S. 559) und andere Autoren für entsprechende Untersuchungen den Gerstenhartbrand bevorzugten. Die Frage, ob wir bei Prüfung der Beizwirkung auf Sporen verschiedener Brandpilze zu gleichen Ergebnissen, also zu einer einheitlichen Lage der dosis curativa kommen, ist aber bisher kaum behandelt und bildet den Inhalt der folgenden kurzen Mitteilung.

Zu den Untersuchungen sind Sporen der folgenden Beizmittel herangezogen:

Brandpilze: Weizensteinbrand *(Tilletia tritici)*
Gerstenhartbrand *(Ustilago hordei)*
Haferflugbrand *(Ustilago avenae)*
Hirsebrand *(Sphacelotheca panici-miliacei)*.

Beizmittel: Abavit Naßbeize 3330 a
Ceresan Naßbeize U 564
Fusariol Naßbeize 2115 a
Germisan Naßbeize Retorte 3659 I.

Die Beizung der Sporen erfolgte in stets gleicher Weise im $^1/_2$-stündigen Tauchverfahren mit nachfolgendem 6-maligen Auswaschen mit destilliertem Wasser; nach anschließendem Trocknen wurden die Sporen ins Keimbett übertragen. Die Keimungsbedingungen mußten wegen der verschiedenartigen Ansprüche der einzelnen Sporenarten an Keimmedium und Temperatur verschieden gehalten werden. Weizensteinbrandsporen wurden auf Erdaufschlämmungen ausgestrichen und bei 11^0 C zur Keimung gebracht, während das Keimverhalten der anderen Sporenarten auf 2$^0/_0$ Saccharoselösungen und bei 20^0 C geprüft wurde. Die Ablesung der Keimungsergebnisse erfolgte bei Steinbrandsporen mittels Binokular nach 9 Tagen, die mikroskopische Prüfung der Keimung der anderen Sporen nach 2, 4 und 7 Tagen.

Nachdem tastende Vorversuche über die ungefähre Lage der dosis curativa unterrichtet hatten, kamen die Hauptversuche mit enger Staffelung der Konzentrationen zur Durchführung. Zur Sicherung der Ergebnisse und zur genauen Erfassung der dosis curativa wurde jeder Versuch 5-mal wiederholt. Die folgende Tabelle 1 enthält die Endergebnisse dieser Versuche; auf die Mitteilung der Einzelergebnisse der verschiedenen Wiederholungsversuche kann im Hinblick auf die gute Übereinstimmung der einzelnen Versuchsreihen verzichtet werden.

Aus den Ergebnissen der vorstehenden Tabelle geht hervor, daß die Lage der dosis curativa je nach Beizmittel und nach verwendeter Brandart verschieden ist. Während die für den Weizensteinbrand gefundenen Sporenabtötungswerte der verschiedenen Beizmittel leidlich übereinstimmen, machen sich bei

Tabelle 1
Lage der Grenzkonzentrationen (dosis curativa) der verschiedenen Beizmittel bei Prüfung der Beizwirkung auf Sporen verschiedener Brandarten

Beizmittel	Weizensteinbrand	Gerstenhartbrand	Haferflugbrand	Hirsebrand	
Abavit	0,015 %	0,005 %	0,005 %	0,01 %	absolute Werte
Ceresan	0,025 %	0,020 %	0,02 %	0,05 %	
Fusariol	0,020 %	0,015 %	0,02 %	0,045 %	
Germisan	0,022 %	0,006 %	0,003 %	0,04 %	
Abavit	60	20	20	40	relative Werte, 0,025 % = 100 gesetzt
Ceresan	100	80	80	200	
Fusariol	80	60	80	180	
Germisan	88	24	12	160	
Abavit	100	33	33	67	relative Werte, Weizensteinbrandwerte = 100 gesetzt
Ceresan	100	80	80	200	
Fusariol	100	75	100	225	
Germisan	100	27	14	182	

allen anderen Brandarten stärkere Schwankungen bemerkbar. So benötigen Gerstenhartbrand- und Haferflugbrandsporen zu ihrer Abtötung durch Ceresan und Fusariol die gleiche oder doch nur wenig geringere Konzentration wie Weizensteinbrandsporen; bei Abavit und Germisan sind im Gegensatz hierzu ganz wesentlich geringere Konzentrationen ausreichend. Besonders auffallend sind die mit Hirsebrand erhaltenen Ergebnisse: Ceresan, Fusariol und Germisan müssen zur Abtötung der Hirsebrandsporen in etwa doppelt so starker Konzentration angewendet werden wie bei Weizensteinbrand; umgekehrt hat Abavit bei Hirsebrand eine dosis curativa, die deutlich unter der bei Steinbrand zu beobachtenden liegt.

Aus alledem folgt, daß die Beizempfindlichkeit der Sporen verschiedener Brandarten in weitem Grade schwankt, daß es jedoch nicht immer möglich ist, schlechthin von einer höheren oder geringeren Beizempfindlichkeit dieser oder jener Sporenart zu sprechen; die Lage der dosis curativa ist also bei den einzelnen Beizmitteln verschieden, wenn wir Sporen verschiedener Brandarten als Prüfobjekt zugrunde legen.

Besprechungen.

Baldacci Elio. La resistenza delle piante alle malattie. Soc. anon. editr. Dante Alighieri Genova, 1942, 261 S.

Ein anregendes Buch von meisterhafter Klarheit, wie man sich recht viele wünschen möchte. Es beginnt mit einer Definition der Fachausdrücke; dabei fällt auf, daß die italienische Sprache für die konstitutionelle, genotypische Anfälligkeit zwei Ausdrücke hat, suscettibilità und recettività. Die suscettibilità ist die grundsätzliche Fähigkeit eines Wirtes, einen bestimmten Parasiten zu beherbergen; die recettività ist der vorübergehende Zustand des Wirtes, in welchem er durch den betreffenden Parasiten besiedelt werden kann. Weizen ist suscettibile für *Tilletia*, aber nur im Keimlingsstadium recettivo. Ein *Berberis*-blatt mit einer dicken Kutikula ist suscettibile für den Schwarzrost, aber nicht recettiva. Um wievieles einfacher wäre die Verständigung im Deutschen, wenn wir auch zwei derartige Ausdrücke besäßen.

Dann schildert das Buch in einem ersten Teil die verschiedenen Arbeitshypothesen über die pflanzliche Krankheitswiderstandsfähigkeit, und zwar stets im gleichen Aufbau: A. Wie lautet die Hypothese? B. Welches sind die experimentellen Grundlagen? C. Kritik derselben, und D. Schlußfolgerungen. In umfassender Belesenheit wird mit knapper Formulierung ungefähr alles zusammengetragen und kritisch gesichtet, was die Forschung der letzten 50 Jahre auf diesem Gebiet zutage förderte. Über manche Schlußfolgerung möchte man mit dem Autor diskutieren (und das ist ja mit das Wertvolle an einem derartigen Buch); so bestreitet er S. 19, daß der Tropismus der Pilze eine Beziehung zum Anfälligkeitsproblem besitze. Der Ref. stellt sich im Gegenteil vor, daß der Tropismus der Parasiten die erste Voraussetzung für die Infektion darstellt. Pflanzen, auf deren Ausscheidungen ein Parasit nicht reagiert, sind ja, um einen oft übersehenen Ausdruck von Köhler zu verwenden, für ihn gar nicht affin; er macht bei ihnen gar nicht den Versuch zur Besiedlung. Das Problem der Anfälligkeit und Widerstandsfähigkeit beginnt nur bei affinen Arten zu spielen, das sind solche, bei denen der Parasit einzudringen versucht, weil er chemotropisch angezogen wird; die anderen Pflanzenarten existieren für ihn überhaupt nicht.

Der zweite Teil des Buches bespricht die einzelnen Resistenzfaktoren, Bau der Zellwände, Zellinhaltsstoffe usw. und schließt mit der Frage der Disposition: Inwiefern ist es möglich, die Resistenz durch äußere Einflüsse zu modifizieren? Hierbei werden zahlreiche Literaturangaben aus dem romanischen Sprachgebiet vermittelt, die uns sonst schwer zugänglich sind und auch dem Ref. unbekannt waren. Auch dadurch füllt das Buch eine große Lücke aus.

Gäumann, Zürich.

Vinc. Rivera. Mallattie delle piante. Band 1, 270 S. mit 112 Abb. auf 33 Taf. Amatrice (Rieti), 1342.

Im Jahre 1930 hat Rivera eine Zusammenfassung der pflanzenpathologischen Probleme für die Studierenden der Landwirtschaft herausgegeben. In dem vorliegenden neuen Werk kehrt er zu seiner alten Aufgabe zurück und stellt die Fragen der Krankheitsanfälligkeit und Widerstandsfähigkeit einschl. ihres Erbganges und des Einflusses der Umwelt, ferner den Einfluß des Parasiten auf den Wirt, in einem etwas weiteren Rahmen dar. Das Buch will nicht nur dem Fachstudenten dienen, sondern allgemein dem Biologen und dem gebildeten Laien. Es legt deshalb den Nachdruck nicht auf den wissenschaftlichen Apparat und auf umfängliche Literaturnachweise (es werden immer nur einige neuere Quellen angegeben), sondern auf das Herausarbeiten der biologischen Probleme in ihrem wissenschaftlichen und geistesgeschichtlichen Zusammenhang. Das Verständnis, nicht das Gedächtnis soll gepflegt werden.

Der hier zu besprechende erste Band bringt zunächst in einem 66 Seiten umfassenden allgemeinen Kapitel eine Reihe von grundsätzlichen Klärungen und Definitionen und schildert dann in zwei weiteren Kapiteln die besonderen Verhältnisse bei den Virosen und Bakteriosen. Sehr wertvoll ist u. a. auch für den Fachmann die systematische Gliederung der Bakteriosen, die bis in die Einzelheiten ausgebaut wird und sich weitgehend an die medizinische Gedankenwelt anlehnt.

Gäumann, Zürich.

Aus dem Institut für Spezielle Botanik
der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich
Direktor: Prof. Dr. E. Gäumann

Untersuchungen über Biologie und Pathogenität von *Diplocarpon rosae* (Lib.) Wolf

Von

Louise Frick

Mit 18 Abbildungen und 2 Tafeln

I. Kapitel:
Verbreitung der Krankheit [1]

In der Literatur ist die durch *Diplocarpon rosae* (Lib.) Wolf verursachte Rosenkrankheit unter verschiedenen Trivialnamen bekannt. Eriksson (1885) spricht noch ganz einfach von der Blattfleckenkrankheit der Rosen. Frank (1895) nennt sie das Rosen-Asteroma. Erst viel später tauchen die heute im deutschen Sprachgebiet gebräuchlichen Bezeich-

[1]) An dieser Stelle spreche ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. E. Gäumann, für die Leitung und Unterstützung der vorliegenden Arbeit meinen herzlichsten Dank aus. Herr Prof. Dr. W. Koch hatte die Freundlichkeit, die Alchemilla und die Wildrosen zu bestimmen. Wertvolle Ratschläge und Anregungen verdanke ich auch den Herren Prof. Dr. F. Kobel, Prof. Dr. O. Jaag, Prof. Dr. A. Volkart und Dr. H. Zogg. Allen Mitgliedern des Institutes für Spezielle Botanik der E. T. H., die mir mit ihrer Hilfe zur Seite standen, gebührt ebenfalls mein Dank.

nungen Schwarzfleckigkeit und Sternrußtau auf (Eriksson, 1928; Flachs, 1931; Pape, 1932; etc.). Die letztere ist insofern irreführend, als es sich beim Rosenpilz nicht um einen reinen Epiphyten (Rußtau) handelt, der über der Kutikula leicht ablösbare Überzüge bildet (z. B. *Teichospora*, Gäumann, 1926), sondern um einen Parasiten, der sich unter der Kutikula ausbreitet. Im Französischen ist die Krankheit unter dem Namen „Taches-noires des feuilles“ bekannt (Truffaut, 1912), ähnlich heißt sie im Italienischen „Malattia delle macchie nere“ (Perotti, 1940). Die Engländer und Amerikaner bezeichnen die Krankheit als „Rose-blotch“ (Cooke, 1906) oder häufiger als „Black-spot“ (Massey, 1918).

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Wildrosen liegt auf der nördlichen Halbkugel in einem Streifen zwischen dem nördlichen Polarkreis und dem Wendekreis des Krebses (Rathlef, 1937). Die Kultur der Gartenrosen ist heute auch außerhalb dieses Gebietes, auf der südlichen Halbkugel (Australien, Südamerika) verbreitet. Die Schwarzfleckigkeit ist den Rosen überallhin gefolgt. Es hält schwer, die Herkunft des Pilzes zu bestimmen; wahrscheinlich stammt er aus Nordamerika, da bis heute die Hauptfruchtform nur von dort bekannt ist. In Europa wurde die Krankheit erstmals in Schweden (Fries, 1815) genannt, dann in Belgien (Marie A. Libert, 1826), Frankreich (Duby, 1830), Deutschland (Bonorden, 1853), England (Berkeley, 1860), Schottland (Stevenson, 1879), Italien (Saccardo, 1884), Holland (Oudemans, 1904), Ungarn (László, 1910). In der Schweiz muß sie um 1900 schon bekannt sein, denn im Herbar unseres Institutes befindet sich ein Exsikkat (unter dem Namen *Actinonema rosae* Fr.), das 1894 von v. Tavel in Bern gesammelt worden war. Außerdem bildete die Krankheit Gegenstand einer Diskussion in einer Sitzung der Zürcherischen Botanischen Gesellschaft im Jahre 1902 (Ber. Schweiz. Bot. Ges. Anh., **13**, 1903). Aus Asien liegen nur wenige Angaben vor: aus Ceylon (Bull. Dep. Agr., Nr. 83, 1928) und von den Philippinen (Teodoro, 1937). In Australien nennt sie erstmals Cooke (1892). In Nordamerika wird sie seit Scribner (1887) in der Literatur häufig erwähnt. In Südamerika sind die ersten Berichte viel jüngeren Datums: so aus S. Paulo (Averna-Saccá, 1926), British Guyana (Altson, 1926), Venezuela (Chardon-Toro, 1934), S. Domingo (Gomez-Menor, 1936) und von den Bermudas (Russell, 1936).

Die Literaturangaben zeigen, daß sich die Krankheit in Gebieten mit ozeanischem Klima stärker ausbreitet (z. B. in Westeuropa, den nordamerikanischen Küstenstaaten am Atlantik und am Golf von Mexiko). In den Mittelmeerländern tritt nur in Jahren mit abnormal kühlen und regenreichen Sommern starker *Diplocarpon*befall auf: so auf Malta (Borg, 1936), Jugoslavien (Brodar-Rathlef, 1937), Rumänien (Săvulescu, 1935).

In Gebieten, wo die Rosen in großem Maßstab in Treibhäusern gezüchtet werden, spielt die Schwarzfleckigkeit ebenfalls eine bedeutende

Rolle. Hauptsächlich die amerikanische Literatur beschäftigt sich mit diesen Bedingungen. (Massey, 1917; Massey-Lyle, 1936; Lyle, 1938.) In europäischen Treibhäusern scheint der Pilz gegenüber Mehltau stark zurückzutreten. Ein Hinweis auf einen starken *Diplocarpon*befall an Treibhausrosen liegt nur aus Holland vor (Kellermann, 1927).

Die bisherigen Angaben beziehen sich immer auf das Vorkommen von *Diplocarpon rosae* auf kultivierten Rosen. Berichte über den Befall von wildwachsenden Rosen sind in der Literatur viel spärlicher. Der erste findet sich bei Fuckel (1869), der kranke Blätter einer *Rosa canina* im Rüdesheimer Wald sammelte. Saccardo (1884) erwähnt den Pilz auf *Rosa rubiginosa*, Trail (1889) auf *Rosa tomentosa*, Oudemans (1921), außerdem auf *Rosa pimpinellifolia.* Seymour (1929) zählt acht nordamerikanische Wildrosen als Wirt auf. Das Hauptinteresse lag eben aus ökonomischen Gründen bei den Gartenrosen. Und doch könnte gerade das Studium der Wildrosen auf ihr Verhalten gegenüber der Schwarzfleckigkeit interessante Aufschlüsse für die Züchtung resistenter Rosenarten geben.

In der Schweiz fand ich die Krankheit auf folgenden Wildrosen (Systematische Einteilung nach Keller, 1931):

Sect. *Synstylae:* *R. arvensis* Huds. Zürich, Garten unseres Institutes, 25. August 1942.

Sect. *Caninae:* *R. canina* s. latiss. Airolo, 5. September 1939.
R. glauca Tourr. non Vill. (= *R. rubrifolio* Vill.) Zürich, Garten unseres Institutes, 25. August 1942
R. pomifera Herrm. Guarda, 14. August 1941.
R. eglanteria L. s. l. Guarda, 15. August 1941.
R. elliptica Tausch. Guarda, 15. August 1941.
R. canina L. Wirbelberg, 12. Juni 1938. Guarda, 14. August 1941. Airolo-Valle, 6. September 1939.
R. dumetorum Thuill. Guarda, 16. August 1941.
R. hemitricha Thuill. Guarda, 14. August 1941.
R. Thuilleri Chr. Guarda, 16. August 1941.
R. uriensis Lagg. et Pug. Airolo, 5. September 1939.
R. vosagiaca Desp. Airolo, 6. September 1939.

Sect. *Luteae:* *R. foetida* Herrm. (= *R. lutea* Mill.) Zürich, Garten unseres Institutes, 25. August 1942.

Rosa spec. indet.: Pfungen, 27. Oktober 1938. Martigny, 24. Oktober 1938.

Im Tessin und im Unterengadin wucherten reichlich Rosengebüsche längs Weg- und Waldrändern; jedoch waren nur wenige an *Diplocarpon rosae* erkrankt.

II. Kapitel:

Krankheitsbild.

Im Anfangsstadium der Krankheit werden auf der Oberseite der grünen Blätter hellbraune, sternförmige Flecken sichtbar, die sich radial

ausbreiten. Mit der Zeit nehmen sie Kreisform an und färben sich dunkelbraun bis schwarz. Ihr Rand bleibt ausgefranst. Seltener, etwa im Herbst bei ganz starkem Befall oder bei künstlichen Infektionen, können auch auf der Blattunterseite hellbraune Flecken erscheinen, die jedoch nicht die charakteristische Strahlenform besitzen. Beim ersten Sichtbarwerden sind die Flecken höchstens 1 mm groß. Sie können bis 20 mm im Durchmesser erreichen und wachsen langsam, etwa 1 mm in der Woche. Ihre Anordnung ist verschieden. Oft scheint das Blatt übersät mit zahlreichen Infektionszentren (Tafel I, Abb. 4), die bald miteinander verschmelzen und in unregelmäßiger Form den größten Teil der Blattfläche bedecken. In anderen Fällen folgen die Flecken dem Verlauf der großen Blattnerven, da diese häufig Rinnen bilden, in denen sich Tau und Regenwasser sammeln und dem Pilz günstige Entwicklungsbedingungen bieten. Bei schwachem Befall erscheinen auf einem Blatt nur wenige Flecken, die gewöhnlich kreisförmig bleiben (Tafel I, Abb. 5).

Konidienlager tauchen auf den Flecken als sehr kleine, dunkle Wärzchen auf, die unregelmäßig zerstreut oder am Rand ringförmig angeordnet sind. Bei genügender Feuchtigkeit quellen die Konidien in farblosen Schleimklümpchen hervor. Ausgewaschene Lager können von Auge nicht mehr erkannt werden.

Als Folge des Befalls stellen sich Stoffwechselstörungen ein. Im vorgeschrittenen Stadium beginnt das Chlorophyll in der Umgebung der kranken Blattpartien zu vergilben. Dieser Prozeß schreitet gegen die Peripherie des Blattes fort. In den vom Pilz besiedelten Geweben bleibt dagegen das Blatt intensiv grün. Diese Eigentümlichkeit ist bei zahlreichen Blattkrankheiten bekannt. So spricht Tubeuf (1916) von „grünen Inseln" auf den von *Rhytisma acerinum* (Pers.) Fr. oder *Uncinula aceris* (DC.) Sacc. befallenen Ahornblättern und vermutet, daß bestimmte Reize des Parasiten die Wirtszellen zu gesteigertem Stoffwechsel veranlassen, wodurch die Blätter an den betreffenden Stellen weniger rasch altern. Grove (1937) erwähnt diese Erscheinung bei Blättern von *Prunus Padus*, hervorgerufen durch *Actinonema padi* Fr.

Als weitere Folge der Stoffwechselstörungen werden an der Ansatzstelle des Blattes durch Zellteilungen verfrühte Trennungsgewebe gebildet, sodaß das kranke Blatt bei geringster Berührung abfällt. In ähnlicher Weise werfen ja auch Apfelbäume mit starkem Schorfbefall, durch *Endostigme inaequalis* (Cke.) Syd. verursacht, ihre Blätter vorzeitig ab.

Die entlaubten Rosenstöcke treiben gewöhnlich wieder aus und kommen noch einmal zum Blühen, doch ist die Zahl und Qualität der Blüten gering. Da nach starkem Befall immer viele Infektionsquellen vorhanden sind, wird auch der spätere Blattansatz neu infiziert.

Bei empfänglichen Sorten kann die Krankheit auf den Blattstiel und die Nebenblätter übergreifen. Es finden sich dort unauffällige,

schwarze Flecken, bei welchen der radiärstrahlige Habitus nicht erkennbar ist. Chifflot (1914) hat im Herbst Infektionen auf Kelch- und Kronblättern beobachtet, Alcock (1918) auf jungen, grünen Trieben besonders empfänglicher Sorten. Bei meinen Versuchspflanzen „Etoile de Hollande" und „W. E. Chaplin" und an den von mir untersuchten Wildrosen ging der Pilz nicht auf die Triebe über.

Die jahreszeitliche Ausbreitung des Pilzes hängt stark von der Witterung ab. In Zürcher Gärten konnten die ersten kranken Blätter frühestens Ende Mai festgestellt werden. Unter günstigen Bedingungen beginnt sich die Krankheit Mitte Juli in augenfälliger Weise namentlich da auszubreiten, wo keine intensive chemische Bekämpfung erfolgt. Die Pflanzen stehen dann schon anfangs August entlaubt da. Es gibt in großen Rosenpflanzungen kaum einen Rosenstrauch, dessen Blätter im Herbst nicht die charakteristischen schwarzen Blätter aufweisen. Boyd (1936, 1937) berichtet aus Texas, daß frische Infektionen an der sehr empfänglichen Sorte „Luxembourg" schon am 1. April auftraten und von diesem Zeitpunkt an ohne Unterbruch bis in den November in den Kulturen beobachtet werden konnten. Dabei lösten sich verfrühter Blattabwurf und frischer Befall des neuen Blattansatzes in einem zweimonatlichen Rhythmus ab.

III. Kapitel:
Entwicklungsgang

A. Myzel

1. Subkutikulares Myzel

Das subkutikulare Myzel bestimmt durch seine Anordnung die besondere makroskopische Erscheinungsform des Pilzes. Schnitte parallel und senkrecht zur Blattoberfläche, gefärbt mit Baumwollblau (Oxaminblau 4BX, hergestellt nach Dop und Gautié, 1928) lassen erkennen, daß immer drei oder mehr Hyphen zu einem Strang vereinigt nebeneinander herlaufen (Tafel 1, Abb. 1) und die Kutikula an vielen Stellen schwach emporheben (Abb. 2a, 3a und 4a). Die einzelnen Hyphen sind in kurzen Abständen deutlich septiert, wobei jede Zelle meistens einen großen Öltropfen aufweist. Die Stränge verlaufen anfänglich parallel, um dann fächerartig gegen die Peripherie des Fleckens auszustrahlen. Die Hyphen können sich dichotom verzweigen, wobei sie entweder einen Winkel miteinander bilden oder parallel gerichtet bleiben. Im ersten Falle tritt eine Gabelung (Abb. 1a), im zweiten Falle eine Verbreiterung des Stranges ein. Tangential verlaufende Hyphen verbinden die Radiärstränge untereinander, wodurch eine spinnwebartige Anordnung entsteht.

Die braune Farbe der Flecken rührt nach Wolf (1912) ausschließlich vom veränderten Zellinhalt der kranken Epidermiszellen her; doch trägt dazu auch der Pilz bei. Denn schon Ducomet (1907) hat festgestellt, daß die Parallelhyphen mit dem Alter dickwandiger werden und sich bräunen.

Analoges Verhalten zeigen auch Kulturen auf künstlichem Substrat (vergl. S. 146). Junge, hyaline Hyphen lassen sich schnell mit Baumwollblau färben, alte erst nach längerer Behandlung.

Von Zeit zu Zeit tauchen von den Parallelhyphen primäre Haustorien (Abb. 1b) direkt in die darunterliegenden Epidermiszellen. Außerdem zweigen auf beiden Seiten der Stränge kurze, dickere Hyphen ab, die eine unregelmäßige Form und ein bis zwei Öltropfen besitzen (Abb. 1c). Alice Aronescu (1934) beschreibt sie als „scouts", Dodge (1931) nennt sie „Haustorienmutterzellen". In der Tat verjüngt sich das Ende einer solchen Hyphe stets fadenförmig und dringt in eine Epidermiszelle ein, um sich dort zu einem sekundären Haustorium zu erweitern. Diese sekundären Haustorien (Abb. 1d) sind ebenso wie die primären keulenförmig, weisen eine Vakuole auf und lassen sich intensiv anfärben. So vermag der Parasit, neue, vom Parallelstrang weiter entfernte Epidermiszellen anzugreifen und auszusaugen. Je mehr sich die Parallelstränge verzweigen und ausbreiten, umso häufiger können mehrere Haustorien in einer einzigen Wirtszelle beobachtet werden. In der Folge plasmolysieren die Protoplasten der befallenen Epidermiszellen und sterben ab, wobei sie eine gelbbraune, harzartige Masse bilden (Frank, 1885). Die Untersuchung zahlreicher Schnitte ergab, daß sich der zerstörte Inhalt auf die von Haustorien besiedelten Zellen beschränkt (Abb. 4). Eine Desorganisierung der pilzfreien Zellen im Umkreis von befallenen (Hofwirkung) wurde nicht beobachtet. Daraus wäre zu schließen, daß Toxine hier eine untergeordnete Rolle spielen und die Wirtszellen direkt durch die Haustorien zugrunde gehen. Als Beispiel für ausgeprägte Hofwirkung sei *Botrytis cinerea* Pers. (Fischer und Gäumann, 1929) genannt.

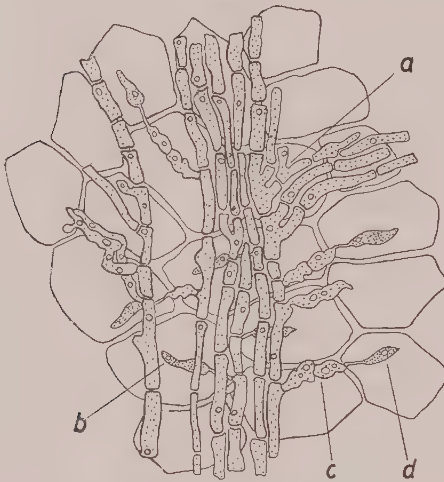


Abb. 1
Subkutikularer Parallelstrang mit Verzweigung (a) und intraepidermalen Haustorien; b = primäre Haustorien, c = Haustorienmutterzellen, d = sekundäre Haustorien (Vergr. 550 mal)

2. Verbreitung im Innern des Wirtes

Die Hyphen beschränken sich nicht auf den Raum zwischen Kutikula und Epidermis, sondern lassen von den subkutikularen Myzelsträngen Hyphen abzweigen, die ins Blattinnere vorstoßen (Abb. 2). Dies geschieht interzellular durch die Mittellamelle, vermutlich auf mechanischem und

chemischem Wege (Fischer und Gäumann, 1929; Alice Aronescu, 1934), wobei vom Pilz ausgeschiedene Enzyme mitwirken mögen. Bei Infektionen auf der Blattunterseite dringen die Hyphen durch die Schwammschicht nach der Palisadenschicht vor (Abb. 2). Die Nahrungsaufnahme erfolgt auch im Blattinnern durch (tertiäre) Haustorien, welche die gleiche Form aufweisen wie die primären und sekundären. Im vorgeschrittenen Krankheitsstadium (Abb. 3) finden sich in der Regel mehrere Haustorien in jeder Palisadenzelle. Ihre Eintrittsstellen liegen zum Teil benachbart, zum Teil an entgegengesetzten Enden der Wirtszelle. Die Palisadenzellen scheinen widerstandsfähiger zu sein als die Epidermiszellen; denn ihr Stoffwechsel erfährt durch den Befall jene Steigerung, die zur Erscheinung der „grünen Inseln" führt (vergl. S. 528).

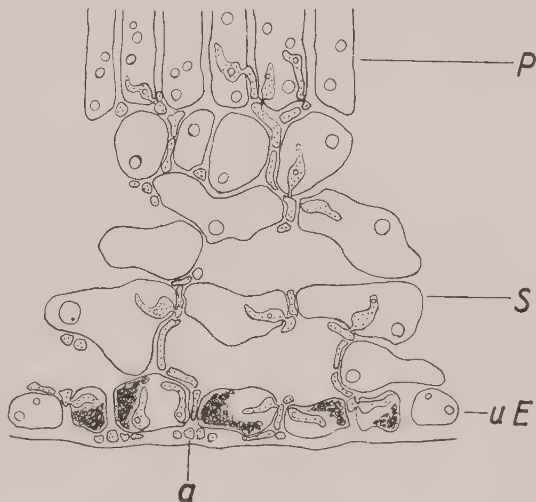


Abb. 2
Querschnitt durch ein auf der Unterseite künstlich infiziertes Blatt der Sorte „W. E. Chaplin". Hyphen subkutikular (a) und interzellular in der unteren Epidermis (uE), im Schwamm- (S) und Palisadengewebe (P). Haustorien in allen Geweben (Vergr. 600 mal)

Ducomet (1907) und später Wolf (1912) erklärten, daß das Myzel sich im Innern des Wirtes inter- und intrazellular ausbreite. Dodge (1931) dagegen vermutete, daß es sich bei den intrazellularen Hyphen nur um Haustorien von schwach ausgeprägter Form handle. In meinen Untersuchungen an lebenden grünen Blättern (Abb. 2) oder Blattstielen (Abb. 4) fanden sich nie intrazellulare Hyphen. Jedoch durchwuchern die Hyphen in der saprophytischen Phase sehr häufig die Epidermiszellen (Abb. 3). Hier sind neben den Haustorien auch zahlreiche echte Hyphen sichtbar. Sie weisen Querwände auf wie die interzellularen und subkutikularen Hyphen. Im Mesophyll scheinen nach meinen Untersuchungen keine intrazellularen Hyphen vorzukommen. In den Abbildungen von Ducomet (1907) lassen sich die intrazellularen Hyphen ebensoleicht als Haustorien interpretieren, besonders da er selbst erwähnt, daß sie stellenweise zu „ampoules suçoires" reduziert seien. Aus der Arbeit geht nicht hervor, ob die betreffenden Untersuchungen an lebenden oder abgestorbenen Blättern gemacht wurden.

Schnitte durch die Infektionsstellen am Blattstiel zeigen, daß sich der Pilz dort gleich verhält wie bei den Blattinfektionen. Die subkutiku-

laren Hyphen bilden ebenfalls Parallelstränge (Abb. 4a); nur läßt ihre Anordnung kein ausgeprägt strahliges Aussehen erkennen, was durch den

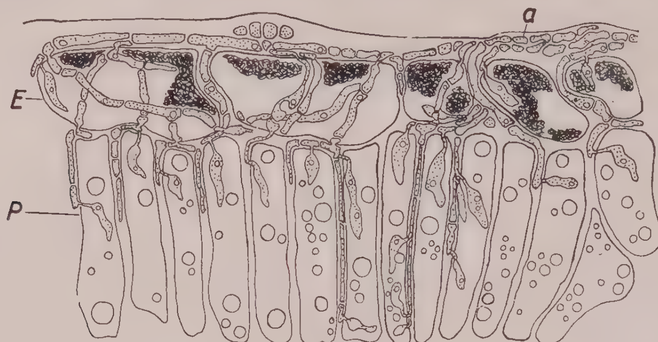


Abb. 3
Querschnitt durch obere Epidermis (E) und Palisadenschicht (P) eines vom Pilz befallenen und bereits abgestorbenen Blattes der Sorte „W. E. Chaplin". Hyphen subkutikular, inter- und intrazellular. Haustorien in beiden Geweben
(Vergr. 550 mal)

anatomisch-histologischen Bau des Blattstiels bedingt ist. Vom subkutikularen Myzel zweigen Hyphen ab, die intrazellular durch die darunterliegende Kollenchymschicht (Abb. 4 K) in das grüne parenchymatische Gewebe (Abb. 4 P) dringen. Haustorien sind in der Epidermis und im Parenchym vorhanden, fehlen dagegen im Kollenchym. Abb. 4 läßt in einzelnen Zellen (b) einen Plasmakragen erkennen, der den oberen Teil des Haustoriums umgibt. Er entsteht vermutlich aus der Verquellung der Zellwand an der Eintrittsstelle des Pilzes infolge Enzymwirkung (Fischer und Gäumann, 1929; Alice Aronescu, 1934). Der Zellinhalt ist teilweise zerstört; die Plasmareste liegen geballt den Wänden entlang.

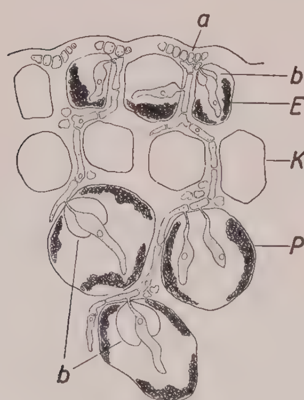


Abb. 4
Querschnitt durch einen kranken Blattstiel der Sorte „W. E. Chaplin". Hyphen subkutikular (a) und interzellular in der Epidermis (E), im Kollenchym (K) und im grünen Parenchym (P). Haustorien in Epidermis- und Parenchymzellen
(Vergr. 530 mal)

B. Nebenfruchtform

1. Sommerkonidienlager

Auf Tangentialschnitten von Blättern mit jungen Infektionen zeigen sich an mehreren Stellen der subkutikularen Parallelstränge Bildungszentren neuer Hyphen. Diese sind sehr kurz, oft handförmig gelappt und beginnen radiär auszustrahlen (Abb. 5). Sie bilden mit der Zeit ein einschichtiges plectenchymatisches Geflecht von ovalem oder kreisförmigem Umriss.

Die randständigen Elemente enden flügelartig. Dieses Stroma steht sowohl mit dem subkutikularen Myzel als mit dem Myzel im Innern des Wirtes (Abb. 6) in Verbindung. Es stellt die Basalschicht der Nebenfruchtkörper dar, deren Zellen sich aufrichten und durch Teilung nach oben kurze zylindrische Konidienträger mit zweizelligen Konidien abschnüren. Infolge der Konidienbildung wölbt sich die Kutikula empor und täuscht anfänglich ein Gehäuse vor. Die reifen Konidien sprengen schließlich durch den erhöhten Druck die Kutikula, welche unregelmäßig aufreißt, so daß die Sporenmasse frei daliegt. In diesem Stadium ist erkennbar, daß es sich um nackte Lager (Acervuli) handelt, bei denen der Pilz nur die flach ausgebreitete subkutikulare Basalschicht, jedoch weder Wandung noch Decke bildet. Die Acervuli stimmen in Anlage und Bau bei allen Infektionsstellen überein. Ihre Größe schwankt von 50–400 μ im Durchmesser. Ihre Zahl variiert je nach dem Alter der Infektion und je nachdem es sich um Infektionen der Blattober- oder -unterseite oder des Blattstiels handelt. Lyle (1938) zählte blattoberseits 592 Acervuli je 2 cm^2 gegenüber 395 blattunterseits. Blattstielinfektionen weisen noch weniger Lager auf. Die große Zahl der Acervuli schädigt das Wirtsgewebe dadurch, daß sich die Kutikula an vielen Stellen ablöst und die darunterliegenden Zellen entblößt. In der Folge gehen diese durch Störungen in der Transpiration zugrunde.

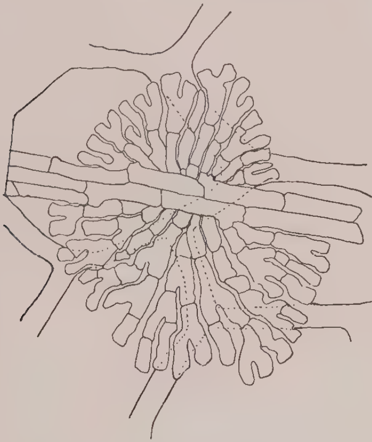


Abb. 5
Anlage eines Sommerkonidienlagers (subkutikularer Acervulus). Radiär ausstrahlende, handförmig gelappte Hyphen
(Vergr. 700 mal)



Abb. 6
Subkutikularer Acervulus an einem kranken Blattstiel mit Makrokonidien auf kurzen Trägerzellen
(Vergr. 400 mal)

Alte Infektionen weisen meist nur in den Randpartien makroskopisch sichtbare Acervuli auf. Diese Erscheinung läßt sich vielleicht dahin deuten, daß auf der inneren Fläche die großen Konidienlager bereits ausgewaschen und erschöpft sind, während neu angelegte nur mehr mikroskopisch sichtbaren Umfang erreichen. Um die Dauer der Konidienproduktion einzelner Acervuli zu bestimmen, wurden kranke Rosenblätter in Feuchtkammern (mit befeuchtetem Filterpapier ausgekleidete Petrischalen) gelegt und die

frisch gebildeten Konidien jeden Tag mit einem Pinsel entfernt. Nach einer Woche nahm die Produktion stark ab und hörte nach etwa 10 Tagen ganz auf.

Die Konidien dieser Lager (Abb. 6) sind zweizellig, hyalin und länglich bis keulenförmig. Meist ist die Basalzelle etwas zugespitzt, die obere Zelle abgerundet. Gewöhnlich sind sie auch in Bezug auf die Längsachse asymmetrisch. Die Einschnürung an der Querwand geht manchmal so tief, daß die Konidien in zwei Hälften zerfallen. Der Zellinhalt ist feinkörnig; im reifen Stadium befinden sich darin mehrere Öltropfen.

Im September taucht in den Sommerkonidienlagern eine zweite Konidienform auf (Tafel I, Abb. 3): neben den zweizelligen Konidien entstehen einzellige, bakterioide Mikrokonidien. Sie sind hyalin und messen 2,5—4,5 auf 1—2 μ. Die Bildung zweier Konidienformen in demselben Lager ist in der Literatur von vielen Beispielen bekannt (*Higginsia hiemalis* (Higg.) Nannf. bei Gäumann, 1940 usw.). Wolf (1926) hat sie erstmals bei *Diplocarpon rosae* festgestellt.

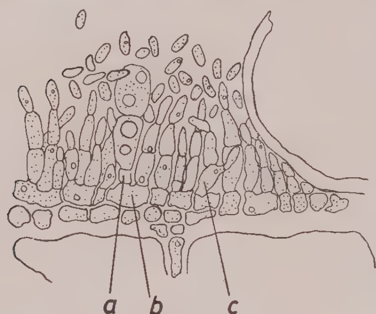


Abb. 7
Querschnitt durch den Teil eines Sommerkonidienlagers mit einer Makrokonidie auf einer kurzen Trägerzelle (a) und Mikrokonidien auf zweizelligen Konidienträgern (c) (Vergr. 800 mal)

Die Mikrokonidien werden auf besonderen zweizelligen Konidienträgern abgeschnürt (Abb. 7 c), die bei flüchtiger Betrachtung für Makrokonidien gehalten werden können. Die Träger sind jedoch schmäler und kürzer und an der Querwand nicht eingeschnürt. Sie unterscheiden sich demnach deutlich von den Trägerzellen der Makrokonidien (Abb. 7 a). Diese Sporenform gehört dem Entwicklungszyklus von *Diplocarpon rosae* an und nicht irgend einem sekundären Parasiten, wie aus Studien an Schnitten und Quetschpräparaten solcher Konidienlager hervorgeht. Der Zusammenhang läßt sich an jenen Stellen nachweisen, wo die Mikrokonidien noch an den Trägerzellen haften und wo eine einzige Basalzelle (Abb. 7 b) zugleich Mikro- und Makrokonidien trägt. In vielen Fällen werden die Mikrokonidien nicht nur an der oberen, sondern auch an der basalen Trägerzelle abgeschnürt (Abb. 7 c).

Im Oktober, November und Dezember produzieren die Sommerkonidienlager hauptsächlich oder ausschließlich Mikrokonidien. Dodge (1931) hat letztere auf im März gesammelten Blättern gefunden. Die von mir im Frühjahr geprüften Blätter wiesen dagegen keine Mikrokonidien auf. Welche Rolle die Mikrokonidien in der Entwicklungsgeschichte des Rosenpilzes spielen, muß die Zukunft lehren.

Keimungsversuche mit Mikrokonidien in destilliertem Wasser und Lösungen von 1 ‰ Malzextrakt, Glukose oder synthetischem Wuchsstoff

„Roche 202" (der Indolessigsäure verwandt; Hoffmann-La Roche, Basel) ergaben negative Resultate. Ebenso erfolglos blieben die Versuche, mit dem Mikromanipulator Ein- und Mehrsporkulturen auf Malzagar (4 % Malzextrakt + 2 % Agar) herzustellen.

2. Winterkonidienlager

Alcock (1918) erkannte als erster, daß *Diplocarpon rosae* 2 Formen von Konidienlagern bildet. Er untersuchte Infektionen an jungen Trieben der sehr empfänglichen Sorte „Juliet" und fand außer den von den Rosenblättern bekannten subkutikularen Acervuli im Frühjahr auch Konidienlager, die er „internal sori" nannte, weil sie tief ins Rindengewebe eingesenkt waren. Viel später beobachtete Dodge (1931) im Frühjahr auch auf den Blättern ähnliche, tiefliegende Winterkonidienlager.

Letztere entwickeln sich saprophytisch auf den abgestorbenen Blättern (Abb. 8). Die Basis bildet ein mehrschichtiges pseudoparenchymatisches braunes Stroma. Seine üppig wuchernden, dickwandigen Pilzzellen füllen die ganze Epidermisschicht und erstrecken sich nach unten bis in die Palisadenzellen. Das Stroma wächst aber auch seitlich als Wand um die konidientragende innere Schicht empor. Eine mündungslose, dunkle Decke schließt das Gehäuse nach außen ab. Sie ist ein- bis zweischichtig (Abb. 8a) und besteht aus einem Geflecht subkutikularer Hyphen, das in seiner Struktur stark an das Stroma der Sommerkonidienlager erinnert. Von oben gesehen läßt die Deckschicht die gleichen radiär ausstrahlenden Elemente erkennen. Da die Winterkonidienlager ein echtes Gehäuse besitzen, das in und unter der Epidermis entsteht, können sie als subepidermale Pyknidien bezeichnet werden. Das Öffnen dieser Fruchtkörper erfolgt wie bei den Sommerkonidienlagern dadurch, daß Deckschicht und darüberliegende Kutikula unter dem zunehmenden Druck der reifenden Konidien emporgehoben werden und schließlich unregelmäßig aufreißen (Abb. 8b); die Konidien quellen in einem weißlichen Schleimtropfen hervor.

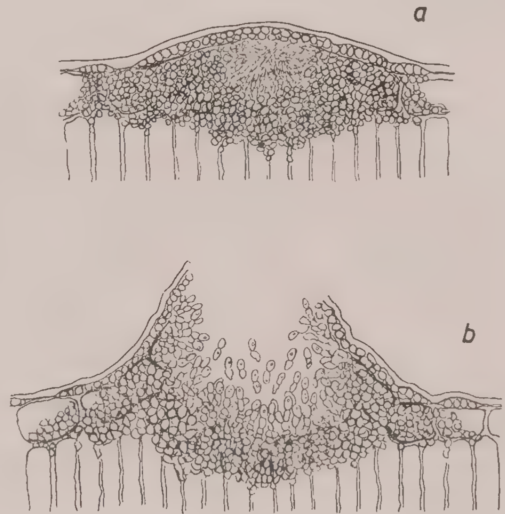


Abb. 8
a) junges geschlossenes Winterkonidienlager
b) geöffnetes Winterkonidienlager mit reifen Konidien. Auf toten Blättern im März. (Vergr. 200 mal)

Die Konidien entstehen an der Innenwand des Gehäuses und zwar an der Basis, seitlich und oben (Abb. 8b). Die Konidienträger sind nur schwach differenziert und können 1—3 Konidien abschnüren. Die Winterkonidien stimmen im Aussehen vollständig mit den Sommerkonidien überein. Dagegen sind sie durchschnittlich etwas länger (Tab. 1 und Abb. 9). Die sehr kleinen Unterschiede werden vermutlich durch Umweltfaktoren verursacht (Temperatur, Feuchtigkeit usw.).

Tabelle 1

Länge und Breite der Winter- und Sommerkonidien von 3 Pilzstämmen (1, 8, 25). Mittelwerte und Streuungen von je 200 Messungen

Pilzstamm	Mittelwerte und Streuungen in μ			
	Winterkonidien		Sommerkonidien	
	Länge	Breite	Länge	Breite
8	19,26 ± 2,17	4,82 ± 0,54	16,81 ± 1,79	5,46 ± 0,45
25	19,16 ± 2,40	4,97 ± 0,50	16,92 ± 1,45	5,35 ± 0,56
1	17,20 ± 2,26	5,86 ± 0,77	15,54 ± 1,95	4,60 ± 0,68

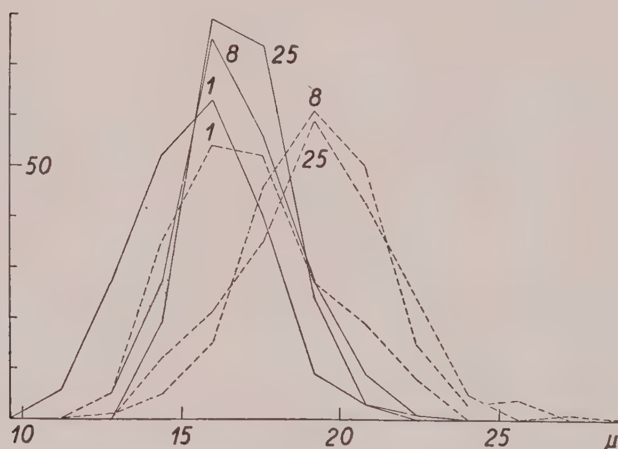


Abb. 9

Längenkurven der Winter- (gestrichelt) und Sommerkonidien (ausgezogen) von 3 Pilzstämmen

Daß die Winterkonidienlager eine Entwicklungsstufe von *Diplocarpon rosae* darstellen, geht nicht allein aus der Ähnlichkeit der Konidien mit den Sommerkonidien hervor. Es wurden auch Reinkulturen (Einspormethode) mit Winterkonidien angelegt, deren Aussehen und Wuchs mit demjenigen der Sommerkonidienkulturen übereinstimmten. Den direkten Beweis brachten Infektionsversuche mit Winterkonidien, die auf den Versuchspflanzen die charakteristischen *Diplocarpon*flecken mit Sommerkonidienlagern hervorriefen (vergl. S. 554).

3. Keimung der Makrokonidien

Die erste Notiz über Keimungsversuche mit Konidien von *Diplocarpon rosae* findet sich bei Frank (1896), der das Keimen im Wassertropfen in 24 Stunden beobachtete. Wolf (1912) beschreibt die Art der Keimung. Alice Aronescu (1934) studiert den Keimungsvorgang auf dem Rosenblatt. Bei günstigen Bedingungen ist er nach 9 Stunden abgeschlossen. Taubenhaus (1936) untersucht die Lebensdauer der Konidien. Lyle (1938) berichtet über Temperaturansprüche der Konidien bei der Keimung und stellt fest, daß sie nur keimen, wenn sie zuvor befeuchtet wurden.

Der vorliegende Abschnitt umfaßt eine Reihe von Versuchen, die den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Keimung der Makrokonidien prüften.

a) Art der Keimung im hängenden Wassertvopfen

Zur Gewinnung von frischem Konidienmaterial werden kranke Blätter in eine Feuchtkammer gebracht, wo nach 12—24 Stunden reife Konidien in Schleimtropfen aus den Lagern hervorquellen. Der Schleim kann ohne Verunreinigung mit einer Nadel abgehoben und in Wasser suspendiert werden. Mit einer feinen Pipette läßt sich die Suspension in kleinen Tropfen an der Unterseite von Deckgläschen anbringen. Mit Glasringen und Vaselin auf Objektträgern festgeklebt, werden diese Präparate für die Versuchsdauer in Feuchtkammern gelegt. Orientierende Versuche zeigten, daß die Konidien in destilliertem Wasser nur schwer keimen; dagegen verläuft die Keimung in Leitungswasser normal, weshalb in der Folge Leitungswasser verwendet wurde.



Abb. 10
Verschiedene Keimungsstadien von Sommerkonidien (a—c) in Leitungswasser und Winterkonidien: f—i in Leitungswasser, d—e in Wuchsstofflösung (1 ‰ „Roche 202“). (Vergr. 600 mal)

Die Konidien beginnen nach 9 Stunden zu keimen; doch wird die volle Keimzahl, 94—98 %, erst nach 38 Stunden erreicht. Sehr häufig zerfallen die Konidien an der Querwand in zwei Hälften, die normal keimen können (Abb. 10a). An einer beliebigen Stelle der beiden Zellen treibt die Konidie einen Keimschlauch hervor. Nach 2 Tagen zeigt ein Drittel der Konidien bereits 2 Keimschläuche (Tabelle 2). Vom dritten Tag an überwiegt die Zahl der Konidien mit 2 Keimschläuchen; außerdem können nun bis 5 Keimschläuche je Konidie beobachtet werden (Abb. 10). Je mehr sich der Keimschlauch verlängert, desto kleiner werden die Öltropfen im Innern der Konidie, bis sie in der Regel ganz verschwinden. Wenn die

Keimhyphen etwa 30 μ lang sind, verzweigen sie sich und bilden Querwände und ihrerseits vereinzelte Öltropfen. Im Wasser stellen die jungen Hyphen ihr Wachstum bei einer Länge von durchschnittiich 400 μ ein. In diesem Moment sind alle verfügbaren Nährstoffe verbraucht. Die Wachstumsgrenze ist auch abhängig von der Dichte der Sporensuspension. Bei zu großer Sporenzahl stellen die Hyphen das Wachstum schneller ein.

Tabelle 2
Anzahl der Keimschläuche je Konidie im Verlauf der Keimung

Anzahl Keimschläuche je Konidie	Prozentsatz der Konidien			
	nach 1 Tag	nach 2 Tagen	nach 3 Tagen	nach 4 Tagen
1	100	70,5	37	12
2	—	29,8	55	61
3	—	—	4	14,5
4	—	—	1	8
5	—	—	—	4,5

Versuche mit Sommer- (Abb. 10a-c) und Winterkonidien (Abb. 10f-h) zeigen, daß beide Formen in gleicher Weise keimen.

Konidien aus Einsporkulturen auf Malzagar keimen im hängenden Tropfen Leitungswasser in gleicher Art und Weise (Abb. 11) wie die frei-

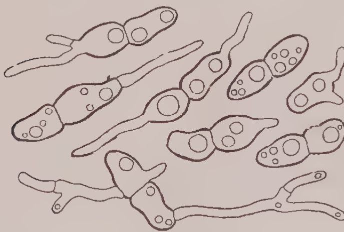


Abb. 11
Konidien aus einer 1 Monat alten Einsporkultur unmittelbar vor und während der Keimung
(Vergr. 600 mal)

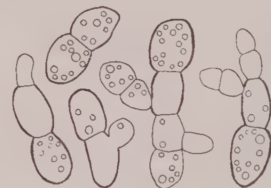


Abb. 12
Abnormale Keimung durch Sprossung bei Konidien aus einer 4 Monate alten Einsporkultur
(Vergr. 600 mal)

lebenden Konidien; nur setzt die Keimung schon nach 6 Stunden ein und erreicht die volle Keimzahl (93 %) nach 30 Stunden. Es ist denkbar, daß die etwas dünnere Zellmembran die Keimung erleichtert. Bei Konidien aus alten Einsporkulturen zeigt sich häufig eine abnormale Keimungsform (Abb. 12). Die Keimschlauchbildung unterbleibt, indem sofort sekundäre Konidien aussprossen, eine Eigentümlichkeit, die von Klebahn (1918) auch bei *Marssonina populi* Magn. beobachtet wurde. Solche Konidien ergeben bei Infektionsversuchen negative Resultate. Die Sprossung stellt demnach eine Degenerationserscheinung dar.

b) Einfluß der Jahreszeit

Der Keimungsprozentsatz hängt bis zu einem gewissen Grade von der Jahreszeit ab. Aus einer Rosenanlage in Zürich (Seestraße—Grütlistraße) wurden in verschiedenen Jahreszeiten kranke Blätter ins Laboratorium gebracht und die darauf vorhandenen Konidien auf ihre Keimfähigkeit im hängenden Wassertropfen geprüft. Der Keimungsprozentsatz dieser Proben schwankte sehr stark, ebenso die Zeit, die bis zum Beginn der Keimung verstrich (Tabelle 3). Die subepidermalen Konidien (Winterkonidien) stammten von abgestorbenen vorjährigen Blättern, die noch an den Rosensträuchern hafteten. Die Proben vom 10. Februar und 6. März waren unter dem Schnee hervorgeholt worden und enthielten keine bzw. fast keine keimfähigen Konidien. Bei diesen setzte die Keimung erst nach 3 Tagen ein, ohne daß die Keimschläuche über ein kurzes Anfangsstadium hinauswuchsen. Die starke Beeinträchtigung der Keimfähigkeit in den Monaten Juli, August und Oktober erklärt sich durch langanhaltende Trockenheit und hohe Temperaturen. Die Daten lagen jedesmal in einer Periode von beständigem, trockenem und warmem Wetter.

Tabelle 3

Keimfähigkeit der Konidien im hängenden Wassertropfen zu verschiedenen Jahreszeiten

Datum 1942	Art der Konidienlager	Keimungsprozentsatz	Beginn der Keimung nach Anzahl Stunden
10. Februar	subepidermal	—	—
6. März	„	2	72
2. Mai	„	95	14
1. Juni	subkutikular	87	16
6. Juli	„	26	26
17. August	„	31	25
12. Oktober	„	43	25
30. Oktober	„	70	19

Diese Resultate bestätigen die Untersuchungen von Taubenhaus (1936), der in Texas den Keimungsprozentsatz der Konidien in jedem Monat bestimmt hat. Er erhält die niedrigsten Werte vom Juli bis September, also in den heißen und trockenen Monaten. In ähnlicher Weise konstatierte Wolf (1924), daß der Keimungsprozentsatz der Konidien von *Diplocarpon earliana* (E. et E.) Wolf in den Sommermonaten sehr klein bleibt.

Wenn die kranken Blätter in den verschiedenen Jahreszeiten zuerst in eine Feuchtkammer gelegt werden und nach 1—2 Tagen eine Prüfung der inzwischen frisch produzierten Konidien auf ihre Keimfähigkeit erfolgt, so zeigen sich jedesmal Keimzahlen von 90—98 %.

Diese Ergebnisse decken sich mit den Erfahrungen der gärtnerischen Praxis. Die Ausbreitung der Krankheit, namentlich in den Monaten mit warmem, trockenem Wetter, geht schubweise vor sich und ist an kurze

Perioden mit starken Regengüssen, Tau- oder Nebelbildung gebunden, die auf den Krankheitsherden nach längerem Stillstand die Produktion von großen Mengen keimfähiger Konidien verursachen.

c) Einfluß des Alters der Konidien

Nach diesen Ergebnissen scheint die Lebensdauer der reifen Konidien sehr beschränkt zu sein. Die Frage, wie schnell die Konidien altern, war Gegenstand eines besonderen Versuches. Hierfür gelangten Tropfen einer Suspension von frisch gebildeten Konidien auf Deckgläschen zur Verteilung. Nach dem Antrocknen des Wassers kamen die Deckgläschen in Petrischalen in einen Thermostaten von 18° C. Alle 3—5 Tage wurde bei einer Probe ein Wassertropfen zugegeben und die Keimzahl festgestellt (Tabelle 4). Nach $2^1/_2$ Wochen war die Keimfähigkeit der Konidien um die Hälfte gesunken, nach einem Monat gänzlich verschwunden. Parallel mit dem Keimungsprozentsatz nahm auch die Keimungsgeschwindigkeit ab. indem bei den älteren Proben die Keimung immer später einsetzte.

Tabelle 4
Einfluß des Alters der Konidien auf die Keimfähigkeit

Untersuchung nach Anzahl Tagen	Keimungs-prozentsatz	Beginn der Keimung nach Anzahl Stunden
3	92	14
6	88	14
9	71	24
14	66	36
19	45	48
23	17	60
27	6	72
31	—	—

In einem anderen Versuch wurden kranke, abgeschnittene Blätter im Laboratorium während eines Monats trocken aufbewahrt und darauf in eine Feuchtkammer gelegt. Nach einem Tag hatten sich frische Konidien entwickelt, welche erst nach drei Tagen eine Keimzahl von nur 45 % erzielten, während unter optimalen Bedingungen der maximale Keimungsprozentsatz (90—98 %) nach 36 Stunden feststellbar ist (Abb. 13).

d) Einfluß von synthetischem Wuchsstoff

Bei der Verteilung der Konidiensuspension am Deckglas liegen oftmals vereinzelte Konidien am Rande des Präparates in kleinsten Kondenswassertröpfchen. Dort reichern sich Enzyme und Wuchsstoffe an, die die Pilzzellen selbst ausscheiden, wodurch der Keimungsvorgang in sichtbarer Weise beschleunigt wird. Diese Erscheinung (Bioswirkung) hat erstmals Wildiers (1901) bei der Hefe beobachtet.

Ein besonderer Versuch sollte Aufschluß darüber geben, ob der synthetische Wuchsstoff „Roche 202“ die Konidienkeimung beeinflußt.

Frische Konidien wurden in den hängenden Tropfen einer Lösung von 1 ‰ „Roche 202“ gebracht. Als Kontrolle diente eine Konidiensuspension in Leitungswasser. Beide Präparate befanden sich während der Versuchsdauer im Laboratorium bei sonst gleichen Bedingungen. In der Wuchsstofflösung wich die Art der Keimung etwas vom normalen Typus ab (Abb. 10 d—e). Bei den meisten Konidien schwoll zunächst die größere (obere) Zelle etwas an und teilte sich dann quer zur Längsachse, worauf die Teilzellen Keimschläuche auszustülpen begannen. Das spätere Wachstum der jungen Hyphen verlief in normaler Weise durch Septierung und Verzweigung. In beiden Präparaten wurden an je 10 bezeichneten Konidien die ersten Keimschläuche täglich gemessen und daraus die mittlere Keimschlauchlänge bestimmt (Tab. 5). Es zeigte sich, daß der Wuchsstoff das Wachstum der Keimschläuche anregte. Im Wassertropfen setzte das Wachstum sehr langsam ein und wurde erst vom dritten Tage an schneller, während der Wuchsstoff schon den Start beschleunigte. Die volle Keimzahl wurde in Wuchsstofflösung nach 30 Stunden erreicht, im Kontrollpräparat erst nach 40 Stunden. In Wuchsstofflösung gediehen die Hyphen oftmals bis zu einer Länge von 700 μ, bevor sie das Wachstum einstellten.

Tabelle 5

Wachstumsgeschwindigkeit der Keimschläuche in Wuchsstofflösung (1 ‰ „Roche 202“) und in Leitungswasser

Nach Anzahl Tagen	Keimschlauchlänge in μ	
	In Wuchsstofflösung	In Leitungswasser
1	19	8
2	72	12
3	90	24
4	108	51
5	126	94

Ferner erreichten Konidien aus einer 7 Monate alten Einsporkultur, die im reinen Wasser nicht mehr keimten, in Wuchsstofflösung nach 4 Tagen eine Keimzahl von 32,5 %. Allerdings bewirkte der Wuchsstoff in diesem Falle nur eine anfängliche Stimulierung, da die Keimschläuche nach kurzem nicht mehr weiter wuchsen.

e) Einfluß der Temperatur

Der Einfluß der Temperatur auf die Keimung kommt teilweise in den Keimungsversuchen mit Konidien aus verschiedenen Jahreszeiten zum Ausdruck. Um die optimale Keimungstemperatur festzustellen, wurden Konidiensuspensionen in Leitungswasser (an Deckgläschen in Feuchtkammern) zu konstanten Temperaturen von -3^0 bis $+36^0$ C (mit Intervallen von 3^0 C) gebracht. Die Zählung der gekeimten Konidien fand

nach 12, 24 und 36 Stunden (Abb. 13) statt. Die Keimung begann zuerst bei den Temperaturen zwischen 15 und 27° C. Bei 30° C degenerierten viele Konidien, bei den keimfähigen blieben die Keimschläuche kurz und verkümmerten. 33° C tötete die Konidien ab; denn sie keimten auch 10 Tage später bei optimaler Temperatur nicht. Das Optimum für die Konidienkeimung lag bei 18° C, wo der maximale Wert von 96 % nach 36 Stunden erreicht wurde. Die Hyphen wuchsen allgemein sehr langsam;

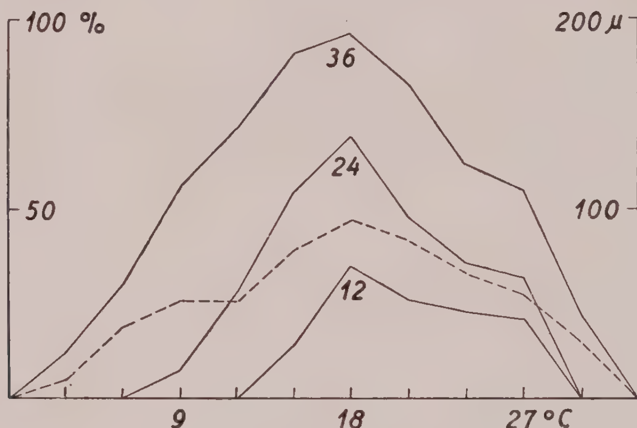


Abb. 13

Prozentuale Keimfähigkeit der Konidien bei verschiedenen Temperaturen nach 12, 24 und 36 Stunden. Gestrichelte Kurve: Länge der Keimschläuche in μ nach 5 Tagen

unter optimalen Bedingungen waren sie nach 5 Tagen erst 94 μ lang (Abb. 13, gestrichelte Kurve). Bei den tieferen Temperaturen verlangsamte sich der Keimungsprozeß. Bei 12 und 9° C setzte er nach etwa 24 Stunden ein, bei 6 und + 3° C erst nach 36 Stunden. Die Keimung ging jedoch auch hier normal vor sich. Die Konidien zeigten keine Degenerationserscheinungen und erreichten, im Gegensatz zu den höheren Temperaturen, bis zu 6° C den maximalen Wert von 90 %, allerdings erst nach vielen Tagen. Bei 0 und — 3° C war die Keimung gänzlich unterbunden. Sie setzte jedoch normal ein, sobald die beiden Proben — 10 Tage nach Versuchsbeginn — zur optimalen Temperatur gebracht wurden.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Konidien in einem ziemlich großen Temperaturbereich keimen können, wobei höhere Temperaturen anfänglich stimulierend, später jedoch hemmend wirken. Die Empfindlichkeit gegen tiefe Temperaturen ist geringer. Die Keimung wird hier verlangsamt, aber ohne Schädigung der Konidien. Dies gilt jedoch nur für kurze Expositionszeiten. Wenn die Konidien längere Zeit Temperaturen um den Nullpunkt ausgesetzt sind, etwa im Freien (Tabelle 3), so verlieren sie ihre Keimfähigkeit.

f) Keimung auf dem Rosenblatt

Die Versuche im hängenden Wassertropfen gewähren nur in beschränktem Maße Einblick in die Keimungsbiologie der Konidien in der Natur. Über die Keimung auf den lebenden Rosenblättern der Sorte „W. E. Chaplin" orientieren folgende Untersuchungen.

Abgeschnittene grüne Blätter, teils mit der Oberseite, teils mit der Unterseite nach oben in Feuchtkammern liegend, erhielten mehrere Tuschkreise aufgemalt (ca. 8 mm im Durchmesser). In die Kreise wurde eine Suspension von Winterkonidien mit einer feinen Pipette verteilt. Eine Zugabe von 1 ‰ Etaldyn-Progil-Maag (Benetzungsmittel; Chem. Fabrik Dr. Maag, Dielsdorf) erleichterte dabei das Anhaften der Tropfen, namentlich an den jungen Blättern. Die Präparate befanden sich während der Dauer des Versuches im Laboratorium bei diffusem Tageslicht. Bei der Kleinheit und Durchsichtigkeit der Konidien war es unmöglich, die Keimung auf dem lebenden Blatt direkt unter dem Mikroskop zu verfolgen. Nach verschiedenen Zeitintervallen wurde deshalb je ein Blattstück mit einem Tuschkreis herausgeschnitten, zur Entfärbung 15 Minuten in 95 %igem Alkohol gekocht (Alice Aronescu, 1934) und darauf über 70 %igen Alkohol und Wasser zur Färbung der Konidien für 3—6 Stunden in Baumwollblau gebracht. Trotz dieses Verfahrens hafteten überall auch ungekeimte Konidien in großer Zahl an der Blattfläche. Alice Aronescu schloß aus dieser Tatsache, daß die Konidienmembran besonders schleimig sei. Das bestätigte sich später bei der Herstellung von Einsporkulturen, wo die Konidien oft an der Mikropipette oder am Deckglas hafteten.

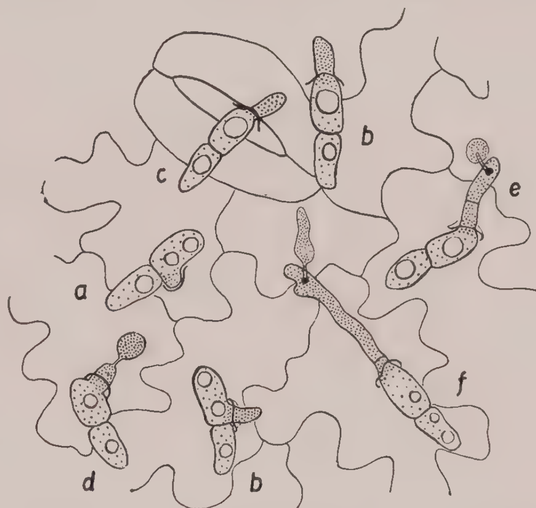


Abb. 14
Keimung von Winterkonidien auf der Unterseite grüner Blätter der Sorte „W. E. Chaplin" (Vergr. 800 mal)

Auf dem Rosenblatt sind die ersten Keimschläuche nach 18 Stunden zu sehen. Sie bilden kurze Ausstülpungen (Abb. 14a), die sofort in die Kutikula eindringen (Abb. 14b). An der Eintrittsstelle fällt der Riß in der Kutikula durch stärkere Lichtbrechung auf (Abb. 14a—f). Der Keimschlauch kann unter der Kutikula noch in horizontaler Richtung weiter wachsen, indem er nach der Abtrennung der ersten Querwand eine kurze Hyphe bildet (Abb. 14e und f). In anderen Fällen erzeugt er sogleich

ein Haustorium in der unmittelbar darunterliegenden Epidermiszelle. Während sich der Keimschlauch beim Eindringen in die Kutikula nur schwach verjüngt, durchstößt er die Epidermiswand mittels eines ganz dünnen Fadens. Dieser erweitert sich erst innerhalb der Zelle zu einem charakteristischen Haustorium, das, von oben gesehen, kreisförmig (Abb. 14 d und e), von der Seite keulenförmig (Abb. 14 f) erscheint und durch starke Färbung auffällt.

Auf der Blattunterseite verläuft die Keimung gleich wie auf der Oberseite. Hier und da finden sich Stellen, wo die Keimschläuche durch die Spaltöffnungen ins Wirtsgewebe vorstoßen (Abb. 14 c). Da jedoch auf denselben Blattproben der Pilz viel häufiger an einer beliebigen Stelle der unverletzten Kutikula eindringt, muß angenommen werden, daß er nicht auf die Spaltöffnungen angewiesen ist. Er kann sie jedoch, wenn sich die Gelegenheit bietet, als Eintrittspforte benützen.

Die Keimung auf dem Rosenblatt erfolgt somit in etwas anderer Weise, als im hängenden Tropfen. Sie setzt später ein, als im Wassertropfen am Deckgläschen. Jede Konidie bildet im allgemeinen nur eine einzige Keimhyphe, die kurz bleibt und bald zur Bildung von Haustorien oder subkutikularen Hyphen übergeht. In einem Versuch mit Konidien aus einer 3 Monate alten Einsporkultur entwickelten sich lange Keimhyphen mit Verzweigungen, ähnlich wie im hängenden Tropfen. Jedoch konnte an keiner Stelle die charakteristische Einstülpung in die Kutikula beobachtet werden. Da sich später auf dieser Blattserie keine Krankheitssymptome einstellten, mußte es sich um keimfähige, aber infektionsunfähige Konidien handeln.

4. Systematik der Nebenfruchtform

Eine Beurteilung der systematischen Stellung der Nebenfruchtform muß berücksichtigen, daß *Diplocarpon rosae* seine Konidien in zweierlei Lagern bildet. Diese Eigenart haben auch zwei, in den Verwandtschaftskreis des Rosenpilzes gehörende Blattparasiten: *Diplocarpon earliana* (E. et E.) Wolf auf *Fragaria*-Arten (Klebahn, 1924) und *Diplocarpon Soraueri* (Kleb.) Nannf. auf *Pirus communis* (Klebahn, 1918).

Die Synonymie zeigt, daß die verschiedenen Autoren sich ausschließlich mit den Sommerkonidienlagern befaßten, was aus dem Sammeldatum (Sommer und Herbst), ferner aus den Diagnosen und Abbildungen hervorgeht. Die erste Erwähnung des Pilzes findet sich bei Fries (1815) unter dem Namen *Erysiphe radiosum*. Marie A. Libert (1826) beschreibt den Pilz als *Asteroma rosae*. Nachdem Fries (1828) den Namen in *Erysiphe radiosa* abgeändert hat, nimmt er, 1829, die Libertsche Bezeichnung an. 1849 erkennt er die Zweizelligkeit der Konidien und stellt den Pilz als *Actinonema rosae* in eine neue Gattung. Bei Duby (1830) findet sich der Pilz als *Dothidea rosae* unter den Ascomyceten, obwohl aus der Beschrei-

bung der Krankheit hervorgeht, daß er die Nebenfruchtform vor sich hatte. 1889 wird der Pilz zweimal als *Marssonia rosae* neu beschrieben: von Trail in Schottland und, unabhängig von ihm, von Briosi und Cavara in Italien. Letztere stellen jedoch am Schluß der Arbeit die Identität ihres Pilzes mit *Actinonema rosae* Fr. fest.

Das radiär ausstrahlende subkutikulare Myzel bildet das Hauptmerkmal der Gattung *Actinonema*, die Fries auf *A. rosae* (Lib.) Fr. als Typusart gründete (1849). Da die zweizelligen Konidien nach seiner Angabe in Pykniden entstehen, gehört die Gattung zu den *Sphaeropsidales*. Nun müssen aber die Sommerkonidienlager nach ihrem Bau zweifellos zu den *Melanconiales* gerechnet werden, da sie kein echtes Gehäuse besitzen, sondern Acervuli darstellen. Diedicke (1912) teilt die Gattung *Actinonema* auf mit der Begründung, die Parallelstrangbildung sei unter den ihm bekannten Arten nur für *A. rosae* typisch und stellt letztere richtigerweise zu den *Melanconiales*. Unter diesen kommt nur die Gattung *Marssonina* (Fisch.) Magn. in Frage. (Der Name *Marssonia* wurde von Magnus [1906] in *Marssonina* umgeändert, da eine schon früher publizierte Phanerogamengattung *Marssonia* existiert.) Diedicke bestätigt also die Auffassung von Trail und Briosi und Cavara, bei denen der Pilz erstmals in dieser Gattung — damals noch als *Marssonia rosae* — genannt ist. Die Gattung enthält Arten mit subkutikularen oder subepidermalen Konidienlagern. Die Typusart, *M. potentillae* (Fisch.) Magn., weist, wie *M. rosae* (Trail) Died. und *M. fragariae* (Sacc.) Kleb. (Nebenfruchtform von *Diplocarpon earliana* [E. et E.] Wolf), subkutikulare Acervuli auf. Durch die Bildung der radiär ausstrahlenden Parallelstränge weicht *M. rosae* etwas vom Typus ab (Diedicke, 1915). In weniger auffälliger Weise ist jedoch diese fibrilläre Struktur des Myzels auch bei *M. fragariae* (Wolf, 1924) und bei *M. populi* Magn. (Grove, 1937) vorhanden.

Nun nimmt Grove (1937) die Gattung *Actinonema* Fr. neu auf und stellt sie abgeändert zu den *Melanconiales*. 1937 ist sie bei ihm durch 3 Arten vertreten: *A. aquilegiae* Grove (als Typusart), *A. rosae* Fr. und *A. padi* Fr., die letztere mit einzelligen Konidien. Diese Gattung unterscheidet sich in ihrer Diagnose von der Gattung *Marssonina* einzig durch die Bildung der subkutikularen radiär ausstrahlenden Parallelstränge. Es fragt sich, ob eine Trennung zweier im übrigen übereinstimmender Gattungen auf Grund dieses Merkmals gerechtfertigt ist. Zwei Argumente sprechen dagegen. Erstens ist die radiäre Struktur der subkutikularen Myzelstränge auch bei Formen vorhanden, die Grove unter *Marssonina* einordnet: so bei *M. fragariae* (Sacc.) Kleb. (Wolf, 1924) und bei *M. populi* Magn., bei welcher Grove (1937) selbst eine diesbezügliche Notiz von Berkeley zitiert. Zweitens tritt die radiärstrahlige Anordnung bei *A. rosae* nicht immer in Erscheinung. Infektionen auf der Blattunterseite lassen nur unter dem Mikroskop die subkutikularen Parallelstränge er-

kennen und erscheinen makroskopisch als unbestimmt begrenzte bräunliche Flecken, die ganz dem allgemeinen Typus von *Marssonina*blattflecken entsprechen. Ferner fehlt auch den Infektionen am Blattstiel und an den jungen Trieben kranker Rosen das radiärstrahlige Aussehen.

Über die systematische Stellung der Winterkonidienlager bestehen keine Angaben. Wollte man sie als selbständige Form betrachten, so müßte sie unter den *Sphaeropsidales* bei den *Excipulaceen* untergebracht werden, die durch oberflächliche oder hervorbrechende Pyknidien mit mehr oder weniger schüsselförmigen, unregelmäßig aufreißenden Gehäusen gekennzeichnet sind. Unter den vorliegenden Gattungen entspricht jedoch keine in befriedigender Weise dem Rosenpilz. Da in beiden Lagern dieselbe Konidienform gebildet wird und die Zugehörigkeit der Nebenfruchtform zur Ascusform *Diplocarpon rosae* Wolf erwiesen ist (Wolf, 1912), bedarf sie keines besonderen Namens. Ein solcher würde nur kompliziertere nomenklatorische Verhältnisse schaffen, entgegen dem Bestreben, die Gruppe der Fungi imperfecti nach Möglichkeit in die natürlichen Pilzordnungen aufzuteilen. Mit den Bezeichnungen Sommerkonidienlager für die subkutikularen Acervuli auf den lebenden Blättern und Winterkonidienlager für die subepidermalen Pyknidien auf den toten Blättern, wie sie von Dodge (1931) bei *Diplocarpon rosae* und Klebahn (1918, 1924) bei *D. Soraueri* (Kleb.) Nannf. und *D. earliana* (Kleb.) Wolf gebraucht werden, ist die Nebenfruchtform in genügender Weise umschrieben.

C. Hauptfruchtform

Der Zusammenhang von *Marssonina rosae* mit einer bestimmten Ascusform, *Diplocarpon rosae*, wurde von Wolf (1912) in Ithaca (U.S.A.) nachgewiesen. Er beobachtete im April auf kranken überwinterten Blättern die Bildung von subepidermalen Apothezien. Infektionsversuche mit den Ascosporen dieser Fruchtkörper ergaben die charakteristischen Flecken und Sommerkonidienlager der *Marssonina rosae*. Damit war die Zusammengehörigkeit von Haupt- und Nebenfruchtform bewiesen. Die Hauptfruchtform entwickelte sich nur saprophytisch auf den toten Blättern. Wolf erhielt in allen Infektionsversuchen mit Ascosporen immer nur die Nebenfruchtform.

Nach dem heutigen Stand der Untersuchungen scheint die Bildung der Hauptfruchtform selten und nur unter bestimmten, noch nicht bekannten Bedingungen zu erfolgen. Über negative Forschungsresultate berichten aus England Alcock (1918), Shelley (1925), Green (1931), aus Amerika Dodge (1931). Dagegen fand Alice Aronescu (1934) im Botanischen Garten von New York ganz wenige Ascokarpien auf überwinterten, kranken Blättern; doch gibt sie keine nähere Beschreibung. Ferner erwähnt Bisby (1938) die Hauptfruchtform auf überwinterten Blättern in Saskatoon (Kanada).

In vier aufeinanderfolgenden Jahren wurden kranke Rosenblätter aus verschiedenen Gegenden der Schweiz im Freien auf der Terrasse unseres Institutes überwintert. Die Aufbewahrung erfolgte in zur Hälfte mit Sand gefüllten und mit Gaze bedeckten Blumentöpfen. Im Frühjahr kamen Proben in verschiedenen Intervallen ins Laboratorium zur Untersuchung. Weder unter der Lupe, noch an Hand von Schnitten unter dem Mikroskop konnten je Apothezien festgestellt werden.

Durch die Wahl eines geeigneten, künstlichen Substrates und günstiger Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ist es bei verschiedenen Pilzen gelungen, die Hauptfruchtform in vitro zu erzeugen. So bildete die ebenfalls auf Rosenblättern parasitierende *Gnomonia rosae* Fuck. in kurzer Zeit normale Perithezien mit reifen Ascosporen auf Hafermehlagar. *Nectria coccinea* (Pers.) Fr., von kranken Buchen isoliert, erzeugte reife Fruchtkörper auf Malzagar. Keitt und Palmiter (1938) erzielten in Malzextraktlösung und Apfelblätterabsud Perithezien von *Endostigme inaequalis* (Cke.) Syd., die in mancher Beziehung Ähnlichkeit mit *Diplocarpon rosae* aufweist.

Es seien im folgenden die Versuche zur Erzeugung der Hauptfruchtform in Reinkultur kurz beschrieben. Weil im Falle von Heterothallie Einsporkulturen keine reifen Fruchtkörper liefern, dienten als Ausgangsmaterial für die Kulturen zunächst 6 Einsporstämme derselben Provenienz, wobei immer 2 Stämme in allen Kombinationen in einen Kolben geimpft wurden. Ferner gelangte eine Mischkultur zur Verwendung, welche aus der Vereinigung von 8 Einsporstämmen verschiedener Provenienz in einem einzigen Kolben hervorgegangen war. Das Abimpfen erfolgte in Erlenmayerkolben von 150 ccm Inhalt, die mit Wattebauschen verschlossen waren. Die Wahl der Nährböden (Zusammenstellung in Tabelle 6) richtete sich nach der Erfahrung, daß viele Pilze nur unter ungünstigen Ernährungsbedingungen zur Entwicklung der Hauptfruchtform schreiten.

Tabelle 6

Zusammensetzung der Nährböden

A:	Malzagar (2 % Malzextrakt + 2 % Agar in destilliertem Wasser)
B:	Malzlösung (4 % Malzextrakt in destilliertem Wasser)
C:	Hafermehlgelatine (2 % Hafermehl + 15 % Gelatine in destilliertem Wasser)
D:	Rosenblätteragar (10 % frische Rosenblätter gekocht, filtriert, neutralisiert mit NaOH + 1,8 % Agar in destilliertem Wasser)
E:	Abgestorbene Rosenblätter auf Quarzsand (mit destilliertem Wasser durchtränkt)
F:	Grüne Triebe von *Rosa pomifera* (10 cm lange Stücke) längs halbiert und zu einem Drittel in destilliertes Wasser eingetaucht.

Da niedere Temperaturen vielfach stimulierend auf die Bildung der Hauptfruchtform wirken (Keitt und Palmiter, 1938), blieben die Kolben nach der Beimpfung 2 Monate in einem Thermostaten bei 6° C und kamen dann erst ins Laboratorium (Zimmertemperatur). Bei den Nähr-

böden B, E und F wurde öfters steriles Wasser nachgegossen, um ein Austrocknen zu verhindern.

Die Ergebnisse fielen negativ aus, sowohl da, wo je 2 Einsporstämme wie auch da, wo die Mischkulturen der 8 Einsporstämme geimpft worden waren. Auf Malzagar entwickelten sich die Kolonien sehr gut. Da der Pilz langsam wächst, dauerte es lange, bis sich die Myzelien der verschiedenen Impfstücke berührten. Auf der Berührungslinie bildeten sich bei der heterothallischen *Nectria coccinea* zahlreiche Fruchtkörper; bei *Diplocarpon rosae* konnte nichts Ähnliches beobachtet werden. In Malzlösung tauchten die Impfstücke unter; das Myzel wuchs ziemlich gut, indem es sich längs der Kolbenwand ausbreitete. Auf Hafermehlgelatine gedieh der Pilz sehr schlecht. Ebenso konnte auf Rosenblattagar nur ein minimer Zuwachs festgestellt werden, so daß sich die Myzelien der verschiedenen Impfstücke nirgends berührten. Auf den abgestorbenen Blättern wuchs der Pilz nicht fest. Die Impfstücke trockneten ein und degenerierten. Die sterilisierten Triebe der *Rosa pomifera* erwiesen sich als unzulänglicher Nährboden. Sie blieben völlig frei von jeder Infektion, und der Pilz verkümmerte.

Selbstverständlich darf aus diesen Ergebnissen nicht geschlossen werden, die Hauptfruchtform dieses Pilzes lasse sich nicht in Kultur erzielen. Aber jedenfalls scheinen die Versuche nicht diejenigen Bedingungen getroffen zu haben, die die Bildung der Ascusform stimulieren könnten. Immerhin verhält sich der Pilz auch in Natur in dieser Beziehung höchst eigenwillig; denn die Hauptfruchtform wurde im Botanischen Garten von New York während 2 Jahren von Dodge (1931, 1932) nicht gefunden, jedoch ganz spontan von Alice Aronescu (1934).

Es sei an dieser Stelle eine kurze Beschreibung der Hauptfruchtform gegeben, wie sie aus der Arbeit von Wolf (1912) hervorgeht. Beobachtungen über die frühen Entwicklungsstadien und eventuellen Sexualvorgänge liegen nicht vor. Die rundlichen bis diskusförmigen Apothezien bilden sich in der Regel an der Blattoberseite. Sie bestehen aus einem subkutikularen Deckstroma und einem subepidermalen Basalstroma. Beide Teile werden unabhängig voneinander angelegt. Sie bleiben lange durch die Epidermiszellen getrennt und verwachsen miteinander erst vor der Reife, nach weitgehender Zerstörung und Verdrängung der Epidermiszellen.

Das Deckstroma, nach Wolf (1912) und Nannfeldt (1932) „Schild“ genannt, ist ein- bis zweischichtig und aus radiär verlaufenden, dunkelwandigen Elementen aufgebaut. Der Rand erhält durch handförmige Zellen ein strahliges, gefranstes Aussehen, das stark an *Lophodermium* erinnert. Tehon (1935) nennt diese Anordnung bei *Lophodermium* „structure aliforme“. Der Schild scheint in Anlage und Bau mit dem subkutikularen Stroma der Sommeracervuli (Abb. 5) übereinzustimmen. Nach Wolf (1924) entstehen die Apothezien stets im Bereich alter Acervuli, deren Stroma im

Winter in den Schild des Apotheziums umgewandelt werde. Eine ähnliche Entwicklung ist bei *Higginsia hiemalis* (Higg.) Nannf. (Gäumann, 1940) bekannt, die Nannfeldt zu den nächsten Verwandten der Gattung *Diplocarpon* rechnet. Bei *Higginsia* werden im Herbst in den Acervuli ebenfalls Mikrokonidien abgeschnürt, die offensichtlich mit dem durch den Acervulus emporwachsenden Trichogyn kopulieren. Möglicherweise spielen die Mikrokonidien bei *Diplocarpon* eine ähnliche Rolle.

Das Basalstroma besteht außen aus dunkeln, dickwandigen, pseudoparenchymatischen Zellen, die sich zwischen Epidermis- und Palisadenschicht drängen. Nach innen schließt das helle, dünnwandige Stroma an, aus dem Asci und Paraphysen emporwachsen. Die Asci sind keulenförmig, inoperculat und achtsporig. Die Paraphysen sind septiert und an der Spitze angeschwollen; sie bleiben etwas kürzer als die Asci. Anfänglich bedeckt eine dünne Zellschicht unmittelbar unter den Epidermiszellen das Hymenium. Sie zerreißt jedoch unter dem Druck der wachsenden Asci. Das Öffnen des reifen Fruchtkörpers geschieht ohne vorgebildeten Öffnungsmechanismus in unregelmäßigen, oft sternförmigen Rissen.

Die Ascosporen stimmen in Form und Größe (nach Wolf, 1912, 20—25 auf 5—6 μ) mit den Makrokonidien überein. Bei der Reife werden sie nicht ausgeschleudert, sondern sammeln sich in einem weißlichen Tropfen an der Oberfläche des geöffneten Apotheziums. Wolf beobachtete, daß die Ascosporen nur in Kontakt mit lebenden Rosenblättern keimen. Er versuchte vergeblich, aus Ascosporen Reinkulturen auf künstlichem Nährboden zu erzeugen, hatte dagegen Erfolg bei *D. earliana* (1924), das die reifen Ascosporen aktiv ausschleudert.

Ein Vergleich der Schnitte von subepidermalen Pyknidien (Abb. 8) mit den Abbildungen der Apothezien von Wolf (1912) ergibt eine auffallende Ähnlichkeit in Form und Bau. Auch die Pyknidien weisen den subkutikularen Schild und die pseudoparenchymatische Basalschicht auf. Die Vermutung liegt nahe, daß diese Winterkonidienlager nichts anderes darstellen als Apothezien, in denen irgendwelche ungünstigen Faktoren die Ascusbildung verhindert haben, worauf dann sogenannte „Apothezialkonidien" (Dodge, 1931) abgeschnürt werden. Klebahn (1924) fand bei *D. earliana* häufig Konidien in den Apothezien, daneben auch reine Winterkonidienlager, die den Apothezien weitgehend ähneln. Dieselbe Erscheinung weist *D. Soraueri* (Kleb.) Nannf. (Klebahn, 1918) auf. Auch *D. agrostemmatis* (Fuck.) Nannf. zeigt eine Tendenz zur Bildung geschlossener Winterkonidienlager (Nannfeldt, 1932). Alle erwähnten Arten bilden viel mehr Winterkonidienlager als Apothezien. *Diplocarpon* ist für die Überwinterung und Neuinfektion im Frühjahr nicht auf die Hauptfruchtform angewiesen. Es scheint also denkbar, daß die von mir geprüften Stämme von *D. rosae* auch in Natur keine Ascusfruchtkörper bilden.

Eine Beurteilung der systematischen Stellung der Hauptfruchtform eröffnet interessante Gesichtspunkte. Die Gattung *Diplocarpon* umfaßt bis heute 4 Arten: *D. rosae* Wolf (Konidienform *Marssonina rosae* [Lib.] Died.) auf *Rosa*arten, *D. earliana* (E. et E.) Wolf (Konidienform *M. fragariae* [Sacc.] Kleb.) auf *Fragaria*arten, *D. agrostemmatis* (Fuck.) Nannf. (Konidienform *M. Delastrei* [de Lacr.] Magnus) auf *Caryophyllaceen* und *D. Soraueri* (Kleb.) Nannf. (Konidienform *Entomosporium maculatum* Lév.) auf *Pirus communis*. Sie verursachen ähnliche Blattfleckenkrankheiten und stimmen in ihrem Entwicklungsgang und in der Haupt- und Nebenfruchtform weitgehend überein. Bei allen Arten findet sich die Tendenz, die Hauptfruchtform zugunsten der ähnlich gebauten Winterkonidienlager zu unterdrücken. Die Ascosporen stimmen in Form und Größe mit den Makrokonidien überein. Eine Ausnahme bietet *D. Soraueri*, dessen Makrokonidien nur im Jugendstadium den Ascosporen gleichen, in der Reife aber durch drei fadenförmige Anhängsel auffallen. Die Makrokonidien der Sommer- und Winterlager können kaum von einander unterschieden werden. Im Herbst entstehen in den Sommerlagern neben den Makrokonidien mehr und mehr bakterioide Mikrokonidien.

Wolf (1912) schuf für den Rosenpilz die neue Gattung *Diplocarpon*. Veranlaßt durch den subkutikularen Schild, ordnete er sie bei den *Microthyriales* ein, die durch ihren asterinoiden Habitus gekennzeichnet sind. Mit der Entdeckung von *D. earliana* (1924) erkannte Wolf, daß der Schild kein Gattungsmerkmal darstelle. *D. earliana* bildet seine im übrigen *D. rosae* sehr ähnliche Hauptfruchtform vorzugsweise an der Blattunterseite, wo keine Acervuli vorhanden sind und wo der subkutikulare Schild fehlt. Die Apothezien besitzen nur eine einfache, subepidermale Deckschicht über dem Hymenium. Die Form der Fruchtkörper weist deutlich zu den Discomyceten. Wolf stellte nunmehr die Gattung zu den *Phacidiales*. Nannfeldt (1932) rechnete zu den *Phacidiaceen* ausschließlich jene Formen, die ein spezialisiertes Deckstroma aufweisen. Nun ist ja gerade letzteres nur für *D. rosae* charakteristisch. Deshalb reihte Nannfeldt die Gattung bei den *Dermateaceen* ein. Er bereicherte sie gleichzeitig um zwei weitere Arten, *D. agrostemmatis* und *D. Soraueri*.

Die Gattung *Diplocarpon* ähnelt den Gattungen *Drepanopeziza* (Kleb.) v. Höhn. und *Higginsia* Nannf. weitgehend. Neben normalen Makrokonidien entwickelt letztere auch bakterioide Mikrokonidien. Diese drei Gattungen faßte Nannfeld zur Unterfamilie der *Drepanopezizoideae* zusammen, die noch zu den *Dermateaceen* gehört, jedoch schon deutlich zu den *Phacidiaceen* hinweist. Das Verbindungsglied der beiden Familien bildet *D. rosae* mit dem schildförmigen, radiärstrahligen Deckstroma, dessen Zusammenhang mit dem Basalstroma noch ziemlich locker ist, während er bei den *Phacidiaceen (Lophodermium, Coccomyces)* viel gefestigter erscheint. Terrier (1942) erwähnte ebenfalls die nahe Verwandtschaft zwischen *D. rosae* und

Lophodermium und betrachtete die *Drepanopezizoideae* als primitive Formen seiner *Hypodermataceen.*

D. Überwinterung

Nach Eriksson (1885) überwintert der Pilz mit den Konidien, nach Alcock (1918) mit den subepidermalen Pyknidien auf den Trieben, nach Green (1931) mit Konidien, die in diesen Pyknidien schon im Herbst entstehen.

Bei Keimungsversuchen mit Konidien aus verschiedenen Jahreszeiten zeigte es sich, daß die Konidien im Februar und März nicht keimten. Sie ertragen ziemlich tiefe Temperaturen — in den Temperaturversuchen bis — 3° C — während kurzer Zeit; doch spielen im Freien außer der Temperatur noch andere Faktoren, wie Feuchtigkeit, Belichtung usw., eine bedeutende Rolle. Anders verhält es sich mit dem Myzel. Wenn die im Freien überwinterten Blätter in eine Feuchtkammer bei Zimmertemperatur gebracht werden, so können die ausgewaschenen Winterlager schon nach 12—24 Stunden frische Konidien bilden. Diese keimen in normaler Weise zu 94 % im Wassertropfen und erzeugen in Infektionsversuchen auf den grünen Blättern die charakteristischen *Diplocarpon*flecken mit Sommerkonidienlagern. Damit ist erwiesen, daß das saprophytisch wachsende Myzel überwintert und somit das Bindeglied zwischen zwei Vegetationsperioden darstellt, ähnlich wie das Uredomyzel bei Rostpilzen (z. B. *Puccinia glumarum* Erikss. et Henn., Fischer und Gäumann, 1929).

Die Neuinfektion im Frühjahr geschieht meistens vom Boden aus, der fast überall mit infizierten, abgestorbenen Blättern bedeckt ist. Bei günstiger Witterung entstehen in den Winterkonidienlagern frische Konidien, die durch den Regen auf die bodennahen jungen Blätter gespritzt werden. Die Krankheit beginnt denn auch gewöhnlich auf den unteren Blättern. An vielen Sträuchern haften überdies noch Pflanzenorgane mit vorjährigen Infektionen, die ebenfalls als Infektionsherde dienen. Lyle (1938) hat gezeigt, daß die Verbreitung der Konidien auf andere Blätter und Sträucher wie bei *Endostigme inaequalis* (Cke.) Syd. (Küthe, 1935) durch Wasser erfolgt (Regen, Tau, Begießen) und nicht anemochor.

IV. Kapitel:
Infektionsversuche — Pathogenität

A. Literatur

Die ersten Angaben über künstliche Infektionsversuche finden sich bei Frank (1896). Er konnte nach der Übertragung von Konidien auf gesunde Pflanzen am 10. Tage die Krankheitssymptome von Auge wahrnehmen.

Wolf (1912) berichtete ebenfalls über künstliche Infektionsversuche, welche sowohl mit Konidien wie mit Ascosporen nach 10tägiger Inkubationszeit positive Ergebnisse lieferten.

Dodge (1931) beschäftigte sich mit der Anfälligkeit und Widerstandsfähigkeit verschiedener Rosensorten. Die künstlichen Infektionsversuche gelangen sowohl auf der als widerstandsfähig bekannten „Red Radiance" wie auf der sehr empfänglichen „Felicity". Die Inkubationszeit betrug bei beiden Sorten 10—14 Tage. Dodge beobachtete als erster das Eindringen des Pilzes auch von der Blattunterseite, wobei nach seiner Meinung die Spaltöffnungen nicht benützt wurden.

Alice Aronescu (1934) führte zahlreiche Infektionsversuche an verschiedenen Rosensorten im Gewächshaus und im Freien durch, wobei die Krankheitssymptome auf den Blättern, Blattstielen und in geringem Maße auf den jungen Trieben zutage traten. Bei Infektionsversuchen an der Blattunterseite blieb der Infektionsprozentsatz stets kleiner. Die Inkubationszeit betrug auf den Blättern 4—8 Tage, auf den Trieben 9 Tage. Für den Infektionsverlauf spielen Temperatur, Luftfeuchtigkeit und das Alter der Blätter eine wesentliche Rolle. Die Resistenz der Sorte „Red Radiance" führte Alice Aronescu auf den dicken Wachsüberzug der Blätter zurück. War er nach einer langen Regenperiode abgewaschen, so konnte auch diese Sorte infiziert werden.

Lyle (1938) versuchte im Gewächshaus 9 Sorten künstlich zu infizieren, wobei die Inkubationszeit bei gleichen äußeren Bedingungen bei den verschiedenen Sorten nur um 1—2 Tage variierte. Auf jungen Blättern wurden die Flecken früher sichtbar als auf älteren. Im Gegensatz zu Alice Aronescu erhielt Lyle einen höheren Infektionsprozentsatz, wenn die Konidien auf die Blattunterseite gebracht wurden. Er erklärte diese Erscheinung mit günstigeren Infektionsbedingungen, indem die Spaltöffnungen, eine andere Kutikula und eine höhere relative Feuchtigkeit dem Pilz das Eindringen erleichterten.

Die zum Teil sich widersprechenden Angaben führten zu einer Reihe von Versuchen, in denen die Infektionsbedingungen geprüft wurden. Sowohl von der Seite des Parasiten wie von der Seite des Wirtes her war die Einwirkung verschiedener Faktoren auf den Befall vorauszusehen. Eine andere Versuchsgruppe beschäftigte sich mit dem Fragenkomplex der Spezialisierung. Dabei gelangte Pilzmaterial verschiedener Herkunft von Kulturrosen und Wildrosenarten zur Verwendung. Unterschiede verschiedener Pilzrassen äußern sich nicht immer in verschiedener Pathogenität, sondern häufig in spezifischem Verhalten bei der Züchtung in Reinkultur. Aus diesem Grunde wurde auch das Wachstum mehrerer Einsporstämme auf künstlichem Substrat beobachtet. Da neben einer biologischen Unterscheidung eine morphologische möglich schien, wurde auch den Größenverhältnissen der Makrokonidien verschiedener Herkunft besondere Aufmerksamkeit geschenkt.

B. Material und Methode

Sämtliche Infektionsversuche wurden mit Makrokonidien durchgeführt, die entweder aus Sommer- oder Winterlagern oder aus Einsporkulturen auf Malzagar stammten. Die kranken Blätter hatten jedesmal in mit Sand gefüllten und mit Gaze bedeckten Blumentöpfen überwintert, welche im Freien auf der Terrasse unseres Institutes standen. Ein Vorversuch im hängenden Wassertropfen ergab jeweils die Keimfähigkeit der Konidien. Da letztere nur in Kontakt mit flüssigem Wasser keimen, erfolgte ihre Übertragung auf die Versuchspflanzen in einer Suspension von Leitungswasser, dem nach den Erfahrungen in Abschnitt C/1 (S. 554) stets 1 ‰ Etaldyn beigefügt wurde. Zur gleichmäßigen Verteilung der Konidiensuspension auf alle oberirdischen Organe der Pflanzen diente ein Fixativzerstäuber.

Das Rosenmaterial bestand aus den beiden Teehybriden „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“, erstere als widerstandsfähig, letztere als anfällig bekannt. Die Pflanzen stammten aus der Handelsgärtnerei Hug, Dielsdorf. Sie waren eingetopft und jeweils im Garten des Institutes zum Überwintern eingegraben. Im Frühjahr kamen sie ins Gewächshaus, da im Garten jedes Jahr Spontaninfektionen von *Diplocarpon rosae* auftraten. Aus diesem Grunde konnten auch keine Experimente im Freien gemacht werden.

Alle Versuche gelangten in besonderen Versuchskabinen zur Durchführung, die gestatteten, mehrere Serien gleichzeitig bei gleichen äußeren Bedingungen und unter Ausschluß gegenseitiger Infektionsgefahr anzuordnen. Die zum Gelingen der Versuche erforderliche hohe Luftfeuchtigkeit konnte in den Kabinen mittels einer künstlichen Vernebelungsvorrichtung erzielt werden. Nach der Impfung befanden sich die Versuchspflanzen 3 Tage in der feuchtigkeitsgesättigten Atmosphäre. Vom vierten Tage an blieben die Kabinen offen und gegen zu starke Sonnenbestrahlung schattiert. An heißen Tagen wurde außerdem über Mittag 1—2 Stunden berieselt. Trotzdem litten einige Pflanzen unter diesen Bedingungen. Es schien jedoch nicht zweckmäßig, die Pflanzen während der Versuchsdauer ins Freie zu stellen, da ein allzu großes Risiko für das Verwischen der Resultate durch Spontan- und Mischinfektionen bestand.

Die Taxierung des Befalls geschah quantitativ durch das Zählen der kranken Blättchen jeder Pflanze 5—8 Tage nach Ausbruch der Krankheit. Ein Vergleich dieser Zahl mit der Gesamtzahl der Blättchen, die bei Versuchsbeginn vorhanden waren, lieferte den Infektionsprozentsatz. Gleichzeitig wurde auch die durchschnittliche Zahl der Flecken je Blättchen ermittelt durch Auszählen der Flecken auf 30 Blättchen jeder Pflanze.

C. Infektionsbedingungen

1. Verschiedene Suspensionsmittel der Konidien

Diese Versuche sollten zeigen, ob verschiedene Suspensionsmittel für die Konidien das Infektionsresultat beeinflussen. Winterkonidien in

reinem Leitungswasser, ferner in Lösungen von 1 ‰ Malzextrakt, Gelatine oder Etaldyn wurden auf je zwei Pflanzen der Sorte „W. E. Chaplin“ gespritzt. Die Übertragung der vier Serien erfolgte an demselben Tage.

Die jungen Blätter, welche durch eine dunkelrote Färbung auffallen, waren bei Versuchsbeginn mit einem Bindfaden bezeichnet worden. In der Serie 1 mit einer Inkubationszeit von 17 Tagen (Tabelle 7) erkrankten nur die älteren Blätter. In den übrigen Serien erschienen die ersten Symptome schon nach 14 Tagen zunächst auf den jungen Blättern, zwei bis drei Tage später auch auf den älteren.

Tabelle 7

Infektionsversuche auf der Sorte „W. E. Chaplin“ unter Verwendung von Winterkonidien in verschiedenen Suspensionsmitteln

Serie	Suspensionsmittel	Inkubationszeit (Tage)	Befallsstärke 7 Tage nach Krankheitsausbruch	
			Infektionsprozentsatz	Durchschnittliche Zahl der Flecken je Blättchen
1	Wasser	17	33,4	4,1
2	1 ‰ Malzextrakt . . .	14	50,6	8,1
3	1 ‰ Gelatine	14	52,8	7,6
4	1 ‰ Etaldyn	14	57,5	9,5
5	1 ‰ „Roche 202“ . .	18	30,7	4,5
6	Wasser	18	28,9	5,8

Eine Woche nach Krankheitsausbruch ergab die Bestimmung der Befallsstärke die kleinsten Werte sowohl für den Infektionsprozentsatz, wie für die durchschnittliche Zahl der Flecken je Blättchen bei Serie 1. Serie 2—4 unterschieden sich nicht sonderlich voneinander. Serie 4 fiel durch die höchsten Werte für Infektionsprozentsatz und Fleckenzahl auf. In den Serien 2—4 waren stets die jungen Blättchen am meisten befallen. Auf den alten Blättchen erschienen immer nur wenige Infektionen.

Junge, aus der Knospenlage sich entfaltende Blättchen sind mit einer deutlich sichtbaren Wachsschicht überzogen. Auf ihre Oberfläche gebrachte Wassertropfen rollen sofort ab. Dagegen vermag eine Lösung von Klebstoff (in diesem Falle Malz oder Gelatine) besser anzuhaften. Ebenso bleiben die Tropfen einer Etaldynlösung durch Herabsetzung der Oberflächenspannung gut hängen. Infolgedessen gelangt eine viel größere Sporenmenge auf das Blättchen und erhöht somit die Infektionsmöglichkeit. Mit dem Alter verschwindet der Wachsüberzug, so daß auch das reine Wasser leicht an älteren Blättchen haften bleibt.

Die Unterschiede in den verschiedenen Serien könnten allerdings auch dadurch verursacht werden, daß die Suspensionsmittel die Konidienkeimung in günstiger Weise beeinflussen. Deshalb wurden Konidien in hängenden Tropfen der 4 Medien beobachtet. Es zeigte sich jedoch kein

Unterschied im Keimungsprozentsatz oder in der Keimungsgeschwindigkeit bei den vier Proben. Daraus scheint hervorzugehen, daß die Resistenz der jungen Blätter durch die Wachsschicht vorgetäuscht wird, da die Tropfen mit den Infektionskeimen abgleiten.

Eine Bestätigung dieser Annahme brachte ein weiterer Versuch, in welchem die Oberfläche der jungen Blättchen vor der Impfung mit der Hand abgerieben wurde. Eine Konidiensuspension in Leitungswasser erzielte nunmehr einen Infektionsprozentsatz von 49,8 % bei einer mittleren Fleckenzahl von 8,7 je Blättchen.

In Keimungsversuchen mit Konidien hatte es sich herausgestellt, daß Zugaben von 1 ‰ des Wuchsstoffes „Roche 202“ die Keimungsgeschwindigkeit im hängenden Tropfen etwas erhöhen. Es lag deshalb nahe, die Wirkung des Wuchsstoffes bei einem Infektionsversuch zu beobachten. Dieser Versuch (Tabelle 7, Serie 5 und 6) wurde zwar in einem späteren Zeitpunkt, aber unter gleicher Anordnung wie die Serien 1—4 durchgeführt. Serie 6 diente als Kontrolle. Überraschenderweise läßt sich kein Einfluß des Wuchsstoffes erkennen; die Resultate stimmen gut mit der Kontrolle (Serie 6) überein. „Roche 202“ vermag offensichtlich das Austreiben der Keimschläuche, nicht aber ihr Eindringen in die Wirtspflanze zu beschleunigen.

2. Verschiedenes Konidienmaterial

Möglicherweise übt die Art des Konidienmaterials einen Einfluß auf den Befall aus. Für die Versuche im vorangehenden Abschnitt dienten ausschließlich Winterkonidien. Das aus diesen Versuchen hervorgegangene Sommerkonidienmaterial auf den „W. E. Chaplin“-Pflanzen wurde nun neben Konidien aus Einsporkulturen derselben Provenienz zu einem Vergleich herangezogen. Die Verwendung von Konidien aus je einer 1 und 3 Monate alten Einsporkultur sollte zeigen, ob der Pilz seine Aggressivität auch in künstlicher Kultur (Malzagar) beibehält.

Die 3 Konidiensuspensionen kamen gleichzeitig auf je 2 Pflanzen der Sorte „W. E. Chaplin“ zur Verteilung.

Tabelle 8

Infektionsversuche mit Sommerkonidien und Konidien aus Reinkultur derselben Provenienz auf der Sorte „W. E. Chaplin“

Konidien	Inkubationszeit (Tage)	Befallsstärke 7 Tage nach Krankheitsausbruch	
		Infektionsprozentsatz	Durchschnittliche Zahl der Flecken je Blättchen
Sommerkonidien	16	53,2	10,9
1 Monat alte Reinkultur . . .	16	50,9	12,3
3 Monate alte Reinkultur . . .	31	6,7	3,8

Die Inkubationszeit (Tabelle 8) betrug bei den Sommerkonidien und bei den Konidien aus der jüngeren Kultur 16 Tage, also ungefähr gleich viel wie bei den Versuchen mit Winterkonidien. Auch die Befallsstärke stimmte ziemlich gut überein. Es war deshalb anzunehmen, daß die Konidien aus Sommer- und Winterlagern sich in ihrer Pathogenität nicht unterschieden. Bei der Verwendung von Konidien aus Reinkulturen übte dagegen das Alter der Kulturen einen wesentlichen Einfluß auf das Infektionsresultat aus. Konidien aus jungen Kulturen erzielten einen Befall in derselben Zeit und von derselben Stärke wie Konidien von Blättern. Hingegen verloren Konidien aus alten Reinkulturen ihre Virulenz weitgehend (vergl. Keimungsversuche). Der Pilz wird durch das Kultivieren auf einem künstlichen Nährboden parasitisch träge. Die Inkubationszeit verlängert sich außerordentlich. Es erkrankten nur noch 6,7 % der Blättchen und auch die Zahl der Flecken je Blättchen blieb sehr niedrig. Keimungsproben aus Kulturen mit abgeschwächter Pathogenität wiesen in erhöhtem Maße degenerierte Konidien auf, die nur durch Sprossung keimten, ohne die normalen Keimschläuche zu bilden.

3. Einfluß der Blattober- und -unterseite und des Alters der Blätter

In den vorangehenden Versuchen war die Konidiensuspension stets gleichmäßig über die Blattober- und -unterseite zerstäubt worden. Dennoch zeigten sich nur in wenigen Fällen Krankheitssymptome an der Blattunterseite. Diese Eigentümlichkeit gab Anlaß, die Verhältnisse in einer besonderen Versuchsserie zu untersuchen.

Hierfür wurden an einer Pflanze der Sorte „W. E. Chaplin“ Tuschkreise (Durchmesser 5—9 mm) auf die Unterseite, an einer zweiten Pflanze auf die Oberseite junger und alter Blättchen gemalt, so daß 25 junge und 26 alte Blättchen mit je 6 Tuschkreisen bezeichnet waren. Als jung galten Blättchen, die sich soeben aus der Knospenlage entfaltet hatten und eine leuchtend rote Farbe aufwiesen. Sie waren mit einem Bindfaden bezeichnet. Bei der Auswahl wurde darauf geachtet, daß nirgends mehrere bezeichnete Blättchen übereinander hingen, damit nicht ein Abtropfen der Konidiensuspension auf darunterliegende, ebenfalls bezeichnete Blättchen das Infektionsresultat verwischte. Die Verteilung der Konidiensuspension (Winterkonidien) in diese Kreise erfolgte mit einer feinen Pipette, wobei eine Zugabe von 1 ‰ Etaldyn ein gutes Anhaften der Tropfen ermöglichte. Eine mit feuchtem Filterpapier ausgeschlagene Glasglocke, über jede Versuchspflanze gestülpt, verhindert das Zerfließen und Abfallen der Tropfen, das sich bei unbedecktem Aufstellen in der vernebelten Kabine sofort einstellte. Nach 3 Tagen wurden die Glasglocken entfernt und die Kabinen wie üblich geöffnet.

Tabelle 9

Einfluß der Blattober- und -unterseite und des Alters der Blätter auf den Befall bei Infektionsversuchen an Pflanzen der Sorte „W. E. Chaplin“

Impfung	Alter der Blättchen	Tuschkreise	Inkubationszeit (Tage)	Gelungene Infektionen 7 Tage nach Krankheitsausbruch	
				oben	unten
oben	jung	84	14	84 (100 %)	0
oben	alt	84	17	43 (51,2 %)	0
unten	jung	66	14	51	51 (63,6 %)
unten	alt	72	18	16	18 (25,5 %)

14 Tage nach der Sporenübertragung (Tabelle 9) erschienen die Krankheitssymptome auf den jungen Blättchen, wobei offensichtlich die Blattseite keine Rolle spielte. Auf den alten Blättchen waren die ersten Flecken 3—4 Tage später sichtbar. Die Inkubationszeit scheint demzufolge eher vom Alter der Blättchen, nicht aber von der Blattseite abzuhängen. Starke Unterschiede traten in der Befallsstärke zutage. Sie ist in der Tabelle als Infektionsprozentsatz angegeben. Als eine Infektion wurde die Fleckenbildung innerhalb eines Tuschkreises bezeichnet, gleichgültig, ob ein oder mehrere Infektionszentren vorlagen. Die Infektion gelang hundertprozentig auf den oberseits infizierten jungen Blättchen. Bei den oberseits infizierten alten Blättchen zeigte nur die Hälfte der Tuschkreise positive Resultate. Ungünstiger lagen die Verhältnisse für den Pilz auf der Blattunterseite. Hier waren bei den jungen Blättchen 63,6 %, bei den alten nur 25,5 % befallen. Die Flecken erschienen bei den oberseits geimpften Blättchen ausschließlich auf der Oberseite. Bei den unterseits geimpften Blättchen wuchs dagegen der Pilz in kurzer Zeit durch das Mesophyll, so daß die Symptome auch auf der Oberseite zu sehen waren. Dies erweckt den Eindruck, der Pilz finde auf der Blattunterseite schlechtere Wachstumsbedingungen vor. Die Flecken blieben hellbraun, ohne ausgeprägte Strahlenanordnung und dehnten sich sehr langsam aus. Auch Acervuli entwickelten sich erst viel später und in geringerer Zahl als auf der Oberseite.

Ein weiterer Versuch im darauffolgenden Frühjahr sollte dieses Problem näher beleuchten. Diesmal wurden abgeschnittene junge und alte Blättchen (je 20) der Sorte „W. E. Chaplin“ in Feuchtkammern gelegt, wobei die eine Hälfte (je 10 Blättchen) die Ober-, die andere Hälfte die Unterseite nach oben kehrte. Jedes Blättchen erhielt in 6 Tuschkreise eine Suspension von Winterkonidien verteilt. Die Feuchtkammern standen im Laboratorium und blieben während der ganzen Versuchsdauer geschlossen.

Die Krankheitssymptome erschienen wieder zuerst auf den jungen Blättchen und zwar schon nach 9 Tagen (Tabelle 10). Bei den alten

Tabelle 10

Einfluß der Blattober- und -unterseite und des Alters der Blätter auf den Befall bei Infektionsversuchen an abgeschnittenen Blättchen der Sorte „W. E. Chaplin“

Impfung	Alter der Blättchen	Tuschkreise	Inkubationszeit (Tage)	Gelungene Infektionen 7 Tage nach Krankheitsausbruch	
				oben	unten
oben	jung	60	9	60 (100 %)	2
oben	alt	60	13	22 (36,7 %)	0
unten	jung	60	9	53	60 (100 %)
unten	alt	60	13	17	21 (35,1 %)

Blättchen betrug die Inkubationszeit 13 Tage. Ein Vergleich mit den Resultaten der Tabelle 9 läßt noch andere Unterschiede erkennen. Auf beiden Seiten der jungen Blättchen waren 100 %, bei den alten Blättchen 35 % der Kreise infiziert. Sofern also möglichst gleiche äußere Bedingungen vorliegen, spielt demnach die Blattseite für die Inkubationszeit und die Befallsstärke keine Rolle. Die Unterschiede des Petrischalenversuchs und des Versuchs an den Pflanzen können folgendermaßen erklärt werden. Wenn der Tropfen an der Blattunterseite hängt, sammeln sich die Konidien infolge der Schwerkraft ganz unten. Diese Erscheinung konnte oftmals an Deckglasversuchen beobachtet werden. Bei der Keimung müssen solche Konidien sehr lange Keimschläuche bilden, bis sie die Kutikula erreichen. Lange Keimschläuche sind jedoch nach den Beobachtungen der Konidienkeimung auf Blättern (S. 544) nicht mehr infektionstüchtig. Sie vermögen nicht mehr, in die Wirtspflanze einzudringen und degenerieren, sobald das Wasser verdunstet. Die Konidien, die infolge günstiger Lage kurze, infektionsfähige Keimschläuche bilden können, sind demgemäß an der Blattunterseite in der Minderzahl, was den kleinen Infektionsprozentsatz bedingt (Tabelle 9). Im Petrischalenversuch ist diese Ungleichheit der Keimungsbedingungen aufgehoben, da die Tropfen überall der Blattfläche aufliegen.

Der Petrischalenversuch zeigt, daß alte Blätter gegen die Krankheit widerstandsfähiger sind, als junge. Die Inkubationszeit ist in allen Fällen größer, der Infektionsprozentsatz kleiner. Die erhöhte Widerstandsfähigkeit der Blätter mit zunehmendem Alter ist bei vielen Blattkrankheiten bekannt. Sie wird auf die wachsende Verstärkung der Zellwände mit dem Alter zurückgeführt (Fischer und Gäumann, 1929; Roemer-Fuchs-Isenbeck, 1938).

Nach allem vermag der Pilz die obere und die untere Kutikula gleich gut zu durchdringen. Dagegen stößt er bei der Ausbreitung im Innern der Wirtspflanze blattunterseits auf ungünstigere Wachstumsbedingungen. Auch im Petrischalenversuch breiten sich nämlich die Flecken

an der Blattunterseite langsamer aus. Der Pilz wuchs in den meisten Fällen durch das Mesophyll und erzeugte in kurzer Zeit die Krankheitssymptome auch an der in den Petrischalen nach unten gekehrten Blattoberseite.

4. Einfluß des Alters der Wirtspflanze

Wie verhält sich der Parasit gegenüber verschiedenen Lebensaltern der Wirtspflanze?

Infektionsversuche mit einjährigen Sämlingen der beiden Wildrosen *R. abietina* Gren. (Samen aus dem Wengital) und *R. eglanteria* L. (Samen aus dem Garten des Institutes) konnten im Sommer 1942 durchgeführt werden. Je 30 Sämlinge wuchsen in einem Topf und bildeten bei Versuchsbeginn 6—10 cm hohe Pflänzchen. Als Kontrolle dienten vierjährige, eingetopfte *R. eglanteria*-Pflanzen (aus dem Garten des Institutes) und mehrjährige Pflanzen der Kulturrosensorte „W. E. Chaplin".

Der Versuch bestand aus zwei Serien. Die erste prüfte die Wirkung der Konidien aus einer 1 Monat alten, die zweite von Konidien aus einer 3 Monate alten Einsporkultur derselben Provenienz (Stamm 1).

Tabelle 11
Einfluß des Alters der Wirtspflanze auf den Befall

Wirtspflanze	Infektion	Inkubationszeit (Tage)	Infektionsprozentsatz 5 Tage nach Krankheitsausbruch
Erste Serie: Konidien aus einer 1 Monat alten Einsporkultur			
R. abietina, 1-jährige Sämlinge	+	16	73,1
R. eglanteria, 1-jährige Sämlinge	+	16	71,8
R. eglanteria, 4-jährige Sämlinge	+	19	43,0
„W. E. Chaplin", mehrjährig	+	19	45,6
Zweite Serie: Konidien aus einer 3 Monate alten Einsporkultur (abgeschwächte Pathogenität)			
			8 Tage nach Krankheitsausbruch
R. abietina, 1-jährige Sämlinge	+	31	36,6
R. eglanteria, 1-jährige Sämlinge	+	31	39,4
R. eglanteria, 4-jährige Sämlinge	0	0	0
„W. E. Chaplin", mehrjährig	0	0	0

In der ersten Serie (Tabelle 11) erschienen die Flecken nach 16 Tagen auf den Sämlingen, 3 Tage später auch auf den jungen Blättern der beiden Kontrollpflanzen. Die Krankheit breitete sich auf den Sämlingen rasch aus. Die quantitative Beurteilung, 5 Tage nach Krankheitsausbruch, ergab einen Befall von über 70%, während nach derselben Zeit die Kontrollpflanzen erst 40% kranke Blättchen aufwiesen. Die Zahl der Infektionszentren je Sämlingsblättchen betrug durchschnittlich 3. Die Flecken nahmen rasch dunkelbraune Farbe an und breiteten sich in der charakteristischen

Strahlenform aus (Tafel II, Abb. 2). Häufig erkrankten auch die Blattstiele und die Nebenblättchen (Tafel II, Abb. 2). Daß die Sämlinge bedeutend anfälliger sind als die älteren Pflanzen, geht nicht nur aus der kürzeren Inkubationszeit und aus dem stärkeren Befall (Infektionsprozentsatz) hervor, sondern auch aus dem rascheren Verlauf der Infektion. Das Vergilben der Blätter setzte schon 3 Tage nach Ausbruch der Krankheit ein. Nach weiteren 2 Tagen fielen die ersten Blätter ab. 14 Tage später hatten die Sämlinge alle kranken Blättchen abgeworfen und setzten zu neuem Austrieb an, worauf nichts mehr den vorangehenden starken Befall andeutete. Durch den gewaltsamen Abwurf haben sich die Pflanzen sehr rasch ihrer Krankheitsherde entledigt.

Die zweite Serie sollte bei sonst gleicher Anordnung über das Verhalten eines Pilzstammes mit abgeschwächter Pathogenität gegenüber Sämlingen Aufschluß geben. Erst 31 Tage nach der Impfung (Tabelle 11, zweite Serie) konnten die ersten Krankheitssymptome auf den Sämlingen wahrgenommen werden, während die älteren Versuchspflanzen gesund blieben. Die Krankheit verlief in abgeschwächter Form, indem nur 40% der Blättchen erkrankten und der Blattabwurf erst nach 8 Tagen einsetzte.

Aus diesen Versuchen geht hervor, daß die Sämlinge stärker für *Diplocarpon rosae* anfällig sind.

Bei den Sämlingen genügt der Befall eines einzigen Blättchens, um die verfrühte Bildung der Trennungsschicht am Grunde des Blattstieles (Abb. 15, bei a) zu veranlassen. So fallen die meist dreizähligen Blätter gesamthaft ab. Bei den vierjährigen *R. eglanteria*-Pflanzen erfolgt die Abtrennung meist in gleicher Weise. Erkrankt das endständige Blättchen, so kann es sich einzeln ablösen (Abb. 15, bei c). Bei der Kulturrose endlich werden die kranken Blättchen immer einzeln (Abb. 15, bei b und c) abgestoßen, wodurch der Verlust gesunder Blättchen unterbleibt.

D. Spezialisierung

1. Infektionsversuche mit Pilzstämmen von Kulturrosen auf „Etoile de Hollande", „W. E Chaplin" und 7 Wildrosenarten

Die gärtnerische Praxis lehrt, daß nicht alle Rosensorten gleich stark unter der Schwarzfleckigkeit leiden. Es fragt sich, ob dies auf

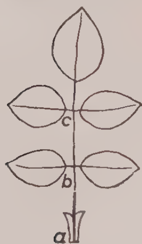


Abb. 15
Schematische Skizze eines Rosenblattes mit Angabe derjenigen Stellen, wo die Trennungsgewebe angelegt werden: Sämlinge: Trennungsgewebe in a); 4jährige *R. eglanteria*: Trennungsgewebe in a) oder c); „W. E. Chaplin": Trennungsgewebe in b) und c)

Unterschiede in der Empfänglichkeit beziehungsweise Widerstandsfähigkeit der einzelnen Rosensorten zurückzuführen ist oder ob der Pilz in biologische Rassen mit unterschiedlicher Wirtswahl zerfällt. Solche Beispiele bietet die Phytopathologie häufig. Die biologischen Rassen von *Endostigme inaequalis* (Cke.) Aderh. (Erreger des Apfelschorfs) sind besonders gut untersucht (Roemer-Fuchs-Isenbeck, 1938). Um einen Einblick in die Verhältnisse bei *Diplocarpon rosae* zu bekommen, wurden mehrere Infektionsversuche mit verschiedenen Pilzstämmen angeordnet. Da in der Natur biologische Rassen selten getrennt auftreten, sondern meist zu Populationen gemischt sind (Schmidt, 1936, beim Apfelschorf), kamen nur Konidien aus Einsporkulturen zur Verwendung.

Im Herbst 1940 wurde krankes Blattmaterial verschiedener Kulturrosen aus Zürich, Dielsdorf, Vevey und Niederbipp gesammelt und im Freien überwintert. Frühere Versuche, Konidien im Herbst abzuimpfen und die Kulturen in der nächsten Vegetationsperiode für künstliche Infektionen zu verwenden, scheiterten teilweise, da die Einsporkulturen ihre Pathogenität fast gänzlich verloren hatten (vergl. S. 555). Aus diesem Grunde wurden erst im Frühjahr Einsporkulturen (mittels des Mikromanipulators) auf Malzagar hergestellt, so daß bei Versuchsbeginn genügend infektionstüchtiges Material vorhanden war. Für die Impfungen dienten folgende Einsporstämme:

Tabelle 12

Herkunft der in den Infektionsversuchen verwendeten Einsporstämme

Einsporstamm	Provenienz	
	Ort	Rosensorte
1	Zürich	Etoile de Hollande
2	„	Prés. H. Hoover
3	„	Hadley
5	Dielsdorf	Comtesse Vandal
6	„	W. E Chaplin
7	„	Mrs. Sam Mc Gredy
8	„	Prés. H. Hoover
18	Vevey	Hadley
19	„	Mrs. Sam Mc Gredy
20	„	Wilhelm Breder
24	Niederbipp	Cathrine Kordes
25	„	Betty Uprichard

Neben den beiden Kulturrosensorten „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“ standen 7 Wildrosenarten zur Verfügung:

Sect. *Cinnamomeae:* *R. cinnamomea* L.
R. pendulina L.
Sect. *Luteae:* *R. foetida* Herrm. (= *R. lutea* Mill.)
Sect. *Synstylae:* *R. arvensis* Huds.
Sect. *Caninae:* *R. glauca* Pourr. non Vill. (= *R. rubrifolia* Vill.)
R. pomifera Herrm.
R. eglanteria L

Ausläufer der *R. arvensis* konnten an der Frohburgstraße in Zürich ausgegraben und eingetopft werden. Die übrigen Wildrosen, teils Stockausschläge, teils Sämlinge (in Tabelle 13 in Klammer angegeben) in Töpfen gezogen, stammten aus dem Garten unseres Institutes. Über den Winter standen alle Töpfe im Garten eingesenkt; im Frühjahr kamen die für die Versuche bestimmten Pflanzen in einen Raum des Gewächshauses. Die übrigen blieben im Garten den Spontaninfektionen ausgesetzt, deren Verlauf vergleichsweise kontrolliert wurde.

Die Versuche gelangten in 5 Serien vom 8. Mai bis zum 14. Juli zur Durchführung. Über die Ergebnisse orientiert zunächst Tabelle 13.

Tabelle 13

Infektionsversuche mit 12 Einsporstämmen von Kulturrosen auf „Etoile de Hollande“, „W. E. Chaplin“ und 7 Wildrosenarten

Rose	Versuchsbeginn											
	8. Mai		9. Juni		12. Juni		14. Juni	14. Juli				
	Pilzstamm											
	7	8	6	19	5	18	20	1	2	3	24	25
Etoile de Hollande	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 18	+ 14	+ 16	+ 16	+ 16	0	+ 16
W. E. Chaplin	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 16	+ 14	+ 20	+ 16	+ 16	+ 23	+ 16
R. cinnamomea (Stockausschlag)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. pendulina (Stockausschlag)[1]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R. foetida (Stockausschlag)	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 16	+ 14		+ 16	+ 16	+ 23	+ 16
R. arvensis (Ausläufer)	(+) 29	(+) 29	0	(+) 24	0	0	0	(+) 23	0	(+) 23	0	(+) 23
R. glauca (Stockausschlag)	+ 25	+ 25	0	+ 19	0	0	+ 14		+ 16	+ 16	0	+ 16
R. glauca (2-jähriger Sämling)	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 16	+ 14	+ 16	+ 16	+ 16	+ 23	+ 16
R. pomifera (2-jähriger Sämling)	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 16	+ 14	+ 16	+ 16		0	+ 16
R. eglanteria (2-jähriger Sämling)	+ 25	+ 25	+ 19	+ 19	0	+ 16	+ 14	+ 16		+ 16	+ 23	+ 16

\+ : Infektion deutlich gelungen
(+) : Infektion schwach und vereinzelt
0 : Infektion nicht gelungen

Die Zahlen geben die Inkubationszeit in Tagen an.

Pilzstamm 5 erwies sich als nicht pathogen, indem alle Versuchspflanzen gesund blieben. Pilzstamm 24 ist als schwach pathogen zu betrachten, da er von 9 Rosen nur „W. E. Chaplin“ und die Sämlinge von *R. eglanteria* und *R. glauca* zu infizieren vermochte. Die übrigen Stämme verhielten sich den verschiedenen Rassen gegenüber gleich. Einzig bei den älteren *R. glauca*-Pflanzen zeigten die Pilzstämme eine schwache Differenzierung: Stamm 6 und 18 erzeugten keine Infektionen, während jedoch die Sämlinge erkrankten. *R. arvensis* wurde nur von den Stämmen 1, 3, 7, 8, 19 und 25 befallen, wobei in allen Fällen nur schwache, vereinzelte Infektionen zustande kamen. Als vollkommen resistent gegen alle Pilzstämme erwiesen sich *R. cinnamomea* und *R. pendulina*.

Im allgemeinen ruft ein Pilzstamm die Krankheit auf den verschiedenen Rosen in derselben Zeit hervor. Kleine Unregelmäßigkeiten zeigen sich bei Stamm 18 auf „Etoile de Hollande“ und bei Stamm 1 auf „W. E. Chaplin“ mit einer um 2 beziehungsweise 4 Tage längeren Inkubationszeit, bei *R. arvensis* erscheinen die Krankheitssymptome 4—7 Tage später als auf den übrigen Versuchspflanzen. Die Inkubationszeiten der verschiedenen Stämme schwanken zwischen 14 und 25 Tagen. Es ist fraglich, ob diese Unterschiede durch biologische Rassen begründet sind; denn die am selben Tage geimpften Stämme haben gleiche Inkubationszeiten, mag es sich nun um Stämme derselben oder verschiedener Provenienz handeln. So beträgt sie bei den Stämmen 7 und 8 27 Tage, bei den Stämmen 6 und 19 19 Tage, bei den Stämmen 1, 2, 3 und 25 16 Tage. Bei der einzigen Ausnahme (Stamm 24) ist offensichtlich die längere Inkubationszeit auf die abgeschwächte Pathogenität zurückzuführen. Die Unterschiede sind vermutlich weniger durch verschiedene biologische Rassen sondern vielmehr durch ungleiche Umweltbedingungen verursacht. In erster Linie spielt die Temperatur eine Rolle. Sie lag während der Dauer der ersten Serie (8. Mai) durchschnittlich am tiefsten: morgens um $7^1/_2$ Uhr im Mittel 7,8° C, mittags um $13^1/_2$ Uhr 14,2° C. Während der Dauer der 4. Serie (14. Juni) mit kürzester Inkubationszeit betrug die Temperatur morgens im Mittel 15,8° C, mittags 24,3° C. Die Temperaturverhältnisse waren also in der ersten Serie viel ungünstiger. Da die ersten Symptome stets nach Tagen mit reichlichen Niederschlägen in Erscheinung traten, beeinflußt offenbar auch die Luftfeuchtigkeit die Ausbreitung des Pilzes nicht unwesentlich.

Über die Stärke des Befalls der verschiedenen Rosen durch die verschiedenen Pilzstämme geben Infektionsprozentsatz (Tabelle 14) und Zahl der Flecken je Blättchen (Tabelle 15) Auskunft. Die Ermittlung dieser Werte erfolgte 5—7 Tage nach Ausbruch der Krankheit.

Der Infektionsprozentsatz innerhalb einer Rosensorte beziehungsweise -art unterliegt gewissen Schwankungen. Größter und kleinster Wert differieren bei jeder Rosenart um ca. 9 %, was aber keine Unterscheidung

Tabelle 14

Infektionsprozentsatz der mit 12 Einsporstämmen von Kulturrosen künstlich infizierten Rosen

Rose	Pilzstamm										
	7	8	6	19	18	20	1	2	3	24	25
Etoile de Hollande .	57,1	50,3	58,7	58,5	48,0	55,4	54,2	59,0	56,6	0	58,9
W. E. Chaplin . . .	55,6	56,3	59,9	59,2	56,5	57,4	48,5	57,2	50,8	44,7	58.0
R. foetida	75,2	73,9	71,3	74,1	78,0	76,1		77,6	72,5	60,7	79,2
R. arvensis	0,8	1,0	0	1,7	0	0	0,9	0	1,4	0	1,2
R. glauca	29,0	28,1	0	35,2	0	31,6		27,5	34,8	0	30,9
R. glauca (Sämling)	67,3	60,5	58,7	65,2	59,0	68,8	68,4	61,9	66,5	52,6	69,1
R. pomifera (Säml.)	44,1	43,3	40,9	39,4	41,2	45,6	42,5	38,8		0	40,9
R. eglanteria (Säml.)	69,0	61,4	66,3	68,7	62,6	67,8	67,1		64,5	55,9	65,2

verschiedener Rassen erlaubt. Die Variationsbreite erscheint normal, wenn man berücksichtigt, daß für jeden Pilzstamm nur eine Pflanze jeder Rosenart zur Verfügung stand und deshalb individuelle Unterschiede stärker ausgeprägt sind. So hängt beispielsweise der Infektionsprozentsatz in erster Linie vom Alter der Blättchen ab. Es ist jedoch nicht möglich, für alle Versuche Pflanzen im gleichen Entwicklungsstadium zu verwenden und somit schwankt das zahlenmäßige Verhältnis der jungen (empfänglichen) und alten (widerstandsfähigen) Blättchen ziemlich stark, infolgedessen auch der Befall.

Die schwache Pathogenität von Stamm 24 kommt auch im Infektionsprozentsatz zum Ausdruck, der bei allen Rosenarten die niedrigsten Werte aufweist. Das gleiche gilt für die Befallsstärke der einzelnen Blättchen (Tabelle 15).

Tabelle 15

Befallsstärke (durchschnittliche Zahl der Flecken je Blättchen) der mit 12 Einsporstämmen von Kulturrosen künstlich infizierten Rosen

Rose	Pilzstamm										
	7	8	6	19	18	20	1	2	3	24	25
Etoile de Hollande .	12,2	9,5	14,2	10,1	5,9	9,4	11,7	12,3	9,1	0	11,3
W. E. Chaplin . . .	11,5	9,2	13,5	11,8	9,7	10,6	5,2	10,4	11,2	4,5	13,2
R. foetida	1,5	2,9	2,0	1,7	2,1	2,2		2,3	1,9	1,0	2,5
R. arvensis	1,0	2,4	0	2,5	0	0	1,0	0	1,6	0	1,9
R. glauca	4,9	3,6	0	4,0	0	2,9		3,2	4,5	0	5,1
R. glauca (Sämling)	7,9	8,3	6,5	8,9	6,0	9,1	9,7	8,5	9,3	4,8	6,4
R. pomifera (Säml.)	4,0	3,2	3,6	2,0	3,1	4,8	3,4	2,9		0	3,6
R. eglanteria (Säml.)	8,5	7,2	8,9	8,1	6,3	7,7	9,8		9,0	4,5	9,4

Tabelle 14 läßt bei den verschiedenen Rosensorten beziehungsweise -arten verschiedene Empfänglichkeitsgrade erkennen. Als ganz schwach empfänglich erscheint *R. arvensis*. Schwach empfänglich sind die älteren *R. glauca*-Pflanzen, während bei den Sämlingen eine starke Empfänglichkeit vorliegt.

Leider konnten keine Versuche mit älteren *R. eglanteria*- und *pomifera*-Pflanzen durchgeführt werden. Die relativ schwache Empfänglichkeit der *R. pomifera*-Sämlinge läßt voraussehen, daß auch die älteren Pflanzen weniger anfällig sind. Diese Vermutung wird bestärkt durch Beobachtungen im Freien. In Guarda fanden sich, durcheinander wuchernd mit stark infizierten *R. dumetorum*- und *R. eglanteria*-Sträuchern *R. pomifera*-Pflanzen, die noch gesund waren. Ebenso blieb der große Strauch im Garten unseres Institutes bis in den Oktober pilzfrei, obwohl seine Blätter von den stark befallenen Blättern einer Parkrose berührt wurden. Eine ziemlich starke Empfänglichkeit zeigen die beiden Kulturrosensorten. Im Handel gilt „Etoile de Hollande“ als widerstandsfähig, „W. E. Chaplin“ als stark anfällig. Die Resultate der Infektionsversuche spiegeln diesen Unterschied nicht wieder. Eine klare Entscheidung könnten nur Versuche mit einer großen Zahl von Versuchspflanzen bringen. Die stärkste Empfänglichkeit kommt ohne Zweifel *R. foetida* zu, deren Infektionsprozentsatz bei allen Pilzstämmen am höchsten ist.

Die Befallsstärke der einzelnen Blättchen (Tabelle 15) schwankt, wie der Infektionsprozentsatz, nicht so sehr zwischen den Pflanzen einer einzigen Rosenart, als vielmehr zwischen den verschiedenen Rosenarten. Auch sie scheint demzufolge in stärkerem Maße durch die Wirtspflanze als durch den Pilz bestimmt. Niedrige, aus dem Rahmen fallende Werte zeigen sich bei „Etoile de Hollande“ (Stamm 18) und „W. E. Chaplin“ (Stamm 1). Sie finden ihre Erklärung darin, daß beide Pflanzen bei Versuchsbeginn nur alte Blätter aufwiesen, welche sich durch größere Widerstandsfähigkeit auszeichnen. Bei den Kulturrosen ist die Zahl der Flecken am größten: auf jungen Blättchen (Tafel I, Abb. 4) konnten in einzelnen Fällen über 40 beobachtet werden. In beschränktem Maße ist die Fleckenzahl abhängig von der Größe der Blättchen. So bieten naturgemäß die Blättchen der Kulturrosen Platz für mehr Konidien als die Blättchen der *R. foetida*. Die Blättchen der *R. glauca*, *R. pomifera* und *R. eglanteria* sind ungefähr gleich groß, so daß die Werte einen direkten Vergleich gestatten. Bei *R. glauca* kommt die starke Empfänglichkeit der Sämlinge in einer größeren Befallsstärke der Blättchen zum Ausdruck. In analoger Weise wird die schwache Empfänglichkeit der *R. pomifera* durch die geringe Fleckenzahl bestätigt.

Auch die qualitative Beurteilung des Befalls ergibt keinen Unterschied zwischen den einzelnen Pilzstämmen, sondern nur zwischen den verschiedenen Rosenarten. Form und Farbe der Flecken scheinen hauptsächlich vom anatomischen Bau der Blätter abzuhängen. Es können zwei Typen von Flecken beobachtet werden. Auf den beiden Kulturrosen und auf *R. foetida* (Tafel I, Abb. 4 und 5; Tafel II, Abb. 4) erscheinen sie in der für *Diplocarpon rosae* charakteristischen, asterinoiden Form. Sie sind anfänglich blaßbraun, färben sich aber bald dunkelbraun bis schwarz, was

besonders auf den hellgrünen Blättern der *R. foetida* auffällt. Im Umfang bleiben sie kreisförmig. Auf *R. glauca*, *R. pomifera* und *R. eglanteria* (Tafel II, Abb. 1, 5 und 6) nehmen die Flecken unbestimmte, rundliche oder ovale Form an. Der strahlenförmige Habitus ist hier von Auge nicht erkennbar. Nur unter dem Mikroskop können die subkutikularen, wenig ausgeprägten Myzelstränge wahrgenommen werden. Die Farbe dieser Flecken bleibt hellbraun. Einen Übergangstypus stellen die Flecken auf *R. arvensis* dar (Tafel II, Abb. 3), wo sie meist unregelmäßig geformt sind und nur ausnahmsweise einen strahlenförmigen Habitus annehmen. Sie sind schwarz bis purpurn gefärbt. Sie bleiben klein und auch nach langer Zeit können auf den kranken oder benachbarten, gesunden Blättern keine sekundären Infektionen beobachtet werden, welche eine Ausdehnung der Krankheit andeuten.

Die durch den Pilzbefall verursachte Vergilbung der Blätter (vergl. S. 528) stellte sich auch bei den künstlich infizierten Pflanzen ein, wobei die Erscheinung der grünen Inseln besonders bei den Wildrosen ausgeprägt war. Einzig bei *R. arvensis* blieben die kranken Blätter grün und bildeten keine verfrühten Trennungsgewebe. Der Pilz wurde auf diesen Pflanzen an seiner Ausbreitung gehindert, so daß eine sichtbare Beeinflussung des Stoffhaushaltes unterblieb.

Der verfrühte Laubfall als weitere Folge des Befalls konnte bei allen kranken Versuchspflanzen beobachtet werden. Dabei zeigten sich Unterschiede hinsichtlich der Stelle, an welcher sich die Trennungsgewebe bildeten. Bei den Kulturrosen lösten sich die einzelnen kranken Blättchen ab (Abb. 15 in b und c), bei den Wildrosen dagegen die ganzen Blätter (Abb. 15 in a). Diese Form der Reaktion ist demnach nicht nur für die Sämlinge bezeichnend (vergl. S. 560), sondern allgemein für Wildrosen, da sie ja auch bei den älteren Pflanzen (*R. foetida* und *R. glauca*) vorliegt. Ausnahmen bildeten bei *R. glauca*, *R. pomifera* und *R. eglanteria* jene Fälle, wo nur das endständige Blättchen eines Blattes befallen war. Hier fiel das kranke Blättchen einzeln ab (Abb. 15 in c).

Die Zeit, die verstreicht vom Sichtbarwerden der ersten Krankheitssymptome bis zum ersten Blattabwurf, ist charakteristisch für die verschiedenen Rosenarten. Am empfindlichsten reagiert *R. foetida*, welche die ersten kranken Blätter schon nach 5—7 Tagen fallen läßt und 3 Wochen nach Ausbruch der Krankheit fast entlaubt dasteht. Bei den Sämlingen beträgt die Zeit 6—9, bei den älteren *R. glauca*-Pflanzen 9—12, bei den Kulturrosen 12—15 Tage. Diese Zahlen gelten nur unter den Gewächshausbedingungen, wo die Pflanzen ohnehin zu frühem Blattabwurf neigen (Hitzelaubfall).

Die Größe der Flecken im Zeitpunkt des Laubfalls schwankt beträchtlich bei den verschiedenen Rosenarten. Bei den widerstandsfähigen Blättchen der Kulturrosen mit nur wenigen Infektionen erreichten die

Flecken häufig einen Durchmesser von über 11 mm, bevor die Bildung der verfrühten Trennungsgewebe einsetzte. Junge Blättchen mit großer Infektionszahl bildeten die Trennungsgewebe, wenn die einzelnen Flecken einen Durchmesser von 3—5 mm erreicht hatten. Bei den Wildrosen waren sie meist 2—5 mm groß.

Auf der Suche nach einem Merkmal, das eine sichere Unterscheidung der Pilzstämme auf den Rosen erlauben würde, blieb schließlich noch die Bildung der makroskopisch sichtbaren Acervuli zu überprüfen. Die Beobachtungen ergaben jedoch nur Unterschiede zwischen den verschiedenen Rosenarten. Die kranken Blättchen der *R. arvensis* zeigten nur vereinzelte, mikroskopisch erkennbare Acervuli. Auch auf den älteren *R. glauca*-Pflanzen waren nur wenige, immerhin von Auge sichtbare Acervuli vorhanden. Die übrigen Rosenarten wiesen auf ihren kranken Blättern zahlreiche Acervuli auf, die auf den hellbraunen Flecken unbestimmter Form regellos zerstreut waren, während sie auf den dunkelbraunen, strahlenförmigen Flecken meist ringförmig an der Peripherie angeordnet erschienen.

Die Ergebnisse der Infektionsversuche lassen sich folgendermaßen zusammenfassen.

Pilzstämme, die von kranken Kulturrosen isoliert wurden, vermögen auch Wildrosen zu befallen. Der Parasit dringt auch bei den Wildrosen durch die unverletzte Kutikula ins Blattinnere. Die Krankheit zeigt auf den Wildrosen dieselben Symptome wie auf den Kulturrosen. Es werden Infektionen an Blättchen, Nebenblättchen und Blattstielen beobachtet. Die verschiedenen Pilzstämme zeigen in ihrer Wirtswahl keine wahrnehmbare Spezialisierung, indem sie gegen die verschiedenen Rosen in gleichem Sinne reagieren. Die Inkubationszeit ist bei einem Pilzstamm für alle Rosen gleich, dagegen differiert sie um 2—11 Tage zwischen zu verschiedenen Zeiten geimpften Pilzstämmen. Mit Ausnahme des nicht pathogenen Stammes 5 zeigten die geprüften Pilzstämme keine Unterschiede hinsichtlich ihrer Pathogenität.

2. Infektionsversuche mit Pilzstämmen von Wildrosen.

Die bisherigen Versuche umfassen Pilzstämme, die von kranken Kulturrosen isoliert wurden. Wie verhalten sich Pilzstämme von kranken Wildrosen in künstlichen Infektionsversuchen?

a) Auf „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“

Das Versuchsmaterial bestand aus kranken Blättern von *R. vosagiaca* (A_2), *R. uriensis* (A_3) und *R. cf. canina* (A_5), im September 1939 in der Umgebung von Airolo gesammelt. Da einerseits die Einsporkulturen nur langsam wuchsen, andererseits die fortgeschrittene Jahreszeit ein Zuwarten nicht ratsam erscheinen ließ, wurden für den Versuch Sommer-

konidien von den kranken Blättern abgekratzt und am 27. September auf je zwei Pflanzen der Sorten „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“ in der üblichen Weise zerstäubt. Nach 22 Tagen (Tabelle 16a) erschienen die Symptome auf beiden Rosensorten. Eine Ausnahme bildete A_5 auf einer „Etoile de Hollande“, wo die ersten Flecken zwei Tage später auftauchten. Diese Versuchspflanze hatte im Moment der Impfung nur ältere, schwer infizierbare Blätter. Der Grund für den geringen Befall wird hier eher in schlechten Infektionsbedingungen seitens des Wirtes zu suchen sein, als in einer unterschiedlichen Aggressivität des Parasiten. Im übrigen vermochten die drei Pilzstämme die beiden Kulturrosen in derselben Zeit und ungefähr gleich stark zu infizieren. Das Krankheitsbild war überall gleich. Neben den charakteristischen, sternförmigen Flecken auf den Blättern konnten auch dunklere, unbestimmt begrenzte infizierte Stellen an den Blattstielen beobachtet werden.

Tabelle 16

Infektionsversuche mit Pilzstämmen von Wildrosen (A_2 = *R. vosagiaca*, A_3 = *R. uriensis*, A_5 = *R. cf. canina*) der Provenienz Airolo auf „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“

Pilzstamm	Etoile de Hollande		W. E. Chaplin	
	Inkubationszeit (Tage)	Infektionsprozentsatz nach 29 Tagen	Inkubationszeit (Tage)	Infektionsprozentsatz nach 29 Tagen
a) Infektion im Herbst mit Sommerkonidien				
A_2	22	44,3	22	47,1
A_3	22	42,9	22	43,6
A_5	22—24	33,7	22	49,8
b) Infektion im Frühjahr mit Konidien aus Einsporkulturen der Sommerkonidien (7 Monate in Reinkultur gewachsen)				
		nach 45 Tagen		nach 45 Tagen
A_2	0	0	35	4,5
A_3	0	0	35	7,9
A_5	0	0	35	5,1

Die Zahl der Infektionen je Blättchen, 7 Tage nach Ausbruch der Krankheit, variierte zwischen 1 und 19; sie betrug meistens 8, wobei kein Unterschied bei den drei Pilzstämmen zu beobachten war. Ältere Blättchen wiesen 1—9 Infektionen auf, die langsamer wuchsen als auf den jungen Blättchen. Bei diesen verursachte die große Zahl der Infektionen nach kurzer Zeit Gelbfärbung und Abtrennung: der erste Blattfall setzte 14 Tage nach Krankheitsausbruch ein.

Im Frühjahr 1940 sollte der Versuch mit Einsporkulturen der drei Stämme wiederholt werden. Die kranken, in der üblichen Weise überwinterten Blätter lieferten jedoch kein Material mehr für die Einsporkulturen, weil sie vollkommen verfault waren. Da noch die Einsporkulturen zur Verfügung standen, die im Herbst aus den Sommerkonidien

herangezüchtet wurden, dienten diese einer Wiederholung des Versuches in derselben Anordnung.

Die Ergebnisse (Tabelle 16b) bestätigen die schon früher gemachte Erfahrung, wonach der Pilz seine Virulenz verliert, sobald er längere Zeit (in diesem Falle 7 Monate) auf künstlichem Substrat wächst. Während im Versuch mit stark pathogenen Konidien beide Rosensorten in derselben Zeit und ungefähr gleich stark erkrankten, erwies sich die Sorte „Etoile de Hollande" gegenüber den abgeschwächten Pilzstämmen als vollkommen resistent. Die Sorte „W. E. Chaplin" dagegen war nach einer Inkubationszeit von 35 Tagen von allen 3 Pilzstämmen gleichmäßig befallen. Allerdings blieb der Infektionsprozentsatz niedrig, obwohl alle Pflanzen eine große Anzahl junger Blätter aufwiesen. Die Zahl der Flecken je Blättchen betrug durchschnittlich 3,1. Erst 20 Tage nach Ausbruch der Krankheit fielen die ersten kranken Blättchen ab. Der Verlauf der Krankheit deutet also in jeder Beziehung die abgeschwächte Pathogenität der verwendeten Pilzstämme an.

Aus den beiden Versuchen geht hervor, daß der Pilz von kranken Wildrosen auch Kulturrosen zu infizieren vermag. Die drei geprüften Pilzstämme, von verschiedenen Wildrosen herrührend, zeigten keinen Unterschied in ihrer Pathogenität; sie befielen beide Kulturrosen in derselben Zeit und gleich stark. In Reinkultur schwächte sich ihre Pathogenität gleich stark ab.

b) Auf „Etoile de Hollande", „W. E. Chaplin" und 7 Wildrosenarten

Im August 1941 war frisches Pilzmaterial auf kranken Wildrosen (G_1 = *R. eglanteria* L., G_2 = *R. elliptica* Tausch) in Guarda (Unterengadin) gesammelt worden. Nach einem Monat lieferten die Einsporkulturen, aus den Sommerkonidien isoliert, genug Material für einen Infektionsversuch mit den in Tabelle 17 angegebenen Wildrosenarten. Als Kontrolle dienten die beiden Kultursorten „Etoile de Hollande" und „W. E. Chaplin". In beiden Versuchsserien erschienen die ersten Krankheitssymptome 21 Tage nach Versuchsbeginn (Tabelle 17). Die beiden Pilzstämme unterschieden sich nicht in ihren Inkubationszeiten. Auch in Bezug auf die Wirtswahl verhielten sie sich gleich. Einzig *R. arvensis* wurde von G_1 ganz schwach, von G_2 überhaupt nicht befallen. Auch die Befallsstärke, die im Infektionsprozentsatz und in der durchschnittlichen Zahl der Flecken je Blättchen zum Ausdruck kommt, stimmte bei beiden Pilzstämmen für alle Rosen gut überein. Schwankungen von 5 % sind zu klein, um eine Unterscheidung zu rechtfertigen, besonders bei Berücksichtigung der kleinen Zahl von Versuchspflanzen (ein einziges Exemplar je Rosensorte beziehungsweise Rosenart).

Ein kleiner Teil der kranken Blätter von G_1 überdauerte den Winter in gutem Zustand, so daß es gelang, Einsporkulturen herzustellen. Damit

Tabelle 17

Infektionsversuche im Herbst mit Konidien von Wildrosen (Einsporkulturen von Sommerkonidien, 1 Monat alt) auf „Etoile de Hollande", „W. E. Chaplin" und 6 Wildrosenarten

Rose	Pilzstamm G_1			Pilzstamm G_2		
	Inkubationszeit (Tage)	Befall 8 Tage nach Krankheitsausbruch: Infektionsprozentsatz	Befall 8 Tage nach Krankheitsausbruch: Flecken je Blättchen	Inkubationszeit (Tage)	Befall 8 Tage nach Krankheitsausbruch: Infektionsprozentsatz	Befall 8 Tage nach Krankheitsausbruch: Flecken je Blättchen
Etoile de Hollande . . .	21	53,9	7,9	21	54,1	7,1
W. E. Chaplin	21	56,2	9,2	21	50,7	9,5
R. cinnamomea	0	0	0	0	0	0
R. pendulina	0	0	0	0	0	0
R. arvensis	24	0,9	1,8	0	0	0
R. glauca (2-jähr. Säml.)	21	57,8	8,1	21	60,4	8,3
R. pomifera (2-jähr.Säml.)	21	29,5	4,3	21	32,2	4,8
R. eglanteria(2-jähr.Säml.)	21	62,7	10,4	21	64,9	9,6

wurde der Versuch im Mai 1942 bei gleicher Anordnung wiederholt. Die Ergebnisse (Tabelle 18) deckten sich ziemlich gut mit denjenigen vom Herbst. Die Inkubationszeit war diesmal 16 Tage, also wesentlich kürzer. Die Umweltbedingungen mögen im Frühjahr für den Pilz günstiger gewesen sein. Außerdem war die Zahl der jungen (anfälligen) Blätter im Frühjahr viel größer als im Herbst, was in der fast durchwegs höheren Zahl der Flecken je Blättchen zum Ausdruck kam. *R. arvensis* erkrankte in der Wiederholung nicht, im übrigen war die Wirtswahl dieselbe. Die ältere Pflanze der *R. glauca* zeigt eine größere Widerstandsfähigkeit als der nunmehr im dritten Jahr stehende Sämling. Den stärksten Befall wies *R. foetida* auf.

Tabelle 18

Infektionsversuch im Frühjahr mit Pilzstamm G_1 (Einsporkultur von Winterkonidien, 1 Monat alt) auf „Etoile de Hollande", „W. E. Chaplin" und 7 Wildrosenarten

Rose	Inkubationszeit (Tage)	Befall 7 Tage nach Krankheitsausbruch: Infektionsprozentsatz	Befall 7 Tage nach Krankheitsausbruch: Flecken je Blättchen (Durchschnittszahl)
Etoile de Hollande	16	53,6	8,4
W. E. Chaplin	16	55,2	10,5
R. cinnamomea	0	0	0
R. pendulina	0	0	0
G. foetida	16	70,4	2,3
R. arvensis	0	0	0
R. glauca	16	33,9	3,8
R. glauca (3-jähriger Sämling) .	16	46,4	7,1
R. pomifera (3-jähriger Sämling)	16	31,8	5,6
R. eglanteria (3-jähriger Sämling)	16	62,1	11,2

Die in diesen Versuchen geprüften Pilzstämme von Wildrosen ergaben keine bedeutenden Unterschiede in ihrer Pathogenität. Sie stimmten überein sowohl in der Wirtswahl, wie auch in der Inkubationszeit und Befallsstärke, so daß eine Trennung in besondere Rassen unmöglich erschien. Darüber hinaus verhielten sich die von Wildrosen isolierten Pilzstämme gleich wie diejenigen von Kulturrosen, womit eine Unterscheidung auch in dieser Richtung dahinfiel.

3. Infektionsversuche mit einem Pilzstamm von Kulturrosen auf *Alchemilla*, *Fragaria*, *Geum*, *Potentilla* und *Agrostemma*

Über 60 *Marssonina*arten, deren morphologische Unterscheidung vielfach Mühe macht, parasitieren auf Vertretern der verschiedensten Angiospermenreihen. *M. fragariae* — jetzt *Diplocarpon earliana* — und *M. potentillae*, deren Hauptfruchtform noch unbekannt ist, wurden wegen ihrer großen morphologischen Ähnlichkeit lange für synonym gehalten. Wolf (1924) zeigte jedoch anhand von kreuzweisen Infektionsversuchen, daß *M. fragariae* sehr leicht auf mehrere *Fragaria*arten, dagegen auf keine der 15 geprüften *Potentilla*arten übergehen kann. Die Trennung der beiden Arten scheint dementsprechend gerechtfertigt.

Es lag nahe, mit Hilfe von Infektionsversuchen zu prüfen, ob *Diplocarpon rosae* andere Angiospermengattungen befällt. In der Literatur finden sich keine ähnlichen Versuche; der Pilz wird stillschweigend als spezifischer Rosenparasit angesehen.

Im Sommer 1939 wurden folgende Pflanzen, die zuvor im Garten unseres Instituts ausgegraben und eingetopft worden waren, zu Infektionsversuchen herangezogen:

Alchemilla mollis (R. Buser) Rothm.
Fragaria vesca L.
Geum urbanum L.
Potentilla micrantha Ram. ex Lam. u. DC.
Agrostemma Githago L.

Von *Agrostemma Githago* standen 2, von den übrigen Arten je 6 Pflanzen zur Verfügung. Die Übertragung der Konidien (Verwendung einer 1 Monat alten Einsporkultur) erfolgte in der üblichen Weise. Als Kontrolle dienten je 2 Pflanzen der Kulturrosen „Etoile de Hollande“ und „W. E. Chaplin“.

Nach 18 Tagen erkrankten die 4 Kontrollpflanzen, deren Infektionsprozentsatz nach einer Woche 50—55 % betrug. Alle übrigen Versuchspflanzen blieben gesund. Da die äußeren Bedingungen bei Kontroll- und Versuchspflanzen genau gleich waren — die Impfung erfolgte gleichzeitig in einer einzigen Infektionskabine — kann mit Bestimmtheit gesagt werden, daß der Pilz nicht auf die geprüften *Rosaceen* und *Caryophyllaceen* übergeht. Die Annahme, *Diplocarpon rosae* sei auf die Gattung *Rosa*

spezialisiert, wird durch diesen Versuch bestärkt; gesichert würde sie erst durch eine Wiederholung mit weiteren Angiospermengattungen, auf denen ähnliche *Marssonina*arten parasitieren.

4. Verhalten des Pilzes in Reinkultur

Eine Aufspaltung der Pilzstämme in Rassen, die sich in ihren pathogenen Verhältnissen unterscheiden, ist, abgesehen von Stamm 5, nach den Ergebnissen der Infektionsversuche nicht möglich. Die Spezialisierung kann sich jedoch auch in verschiedenen physiologischen Eigenschaften auswirken. Dafür ist das Verhalten der verschiedenen Pilzstämme auf künstlichem Nährboden maßgebend, wo Unterschiede in der Wuchsform, Farbe und Wachstumsgeschwindigkeit zu Tage treten können. Eingehende Untersuchungen darüber liegen bei *Endostigme inaequalis* vor (Rudloff, 1934; Schmidt, 1935).

Die für die Infektionsversuche verwendeten Einsporkulturen wurden auch in ihrem Verhalten in Reinkultur geprüft. Als Nährboden diente in allen Versuchen Malzagar (4 % Malzextrakt + 2 % Agar), auf welchem der Pilz am besten gedeiht. Beim Abstreifen der gereinigten Makrokonidien aus der Mikropipette auf die schräggelegte Agarschicht der Reagensgläser wurde jedesmal nur eine einzige Spore übertragen, wie die mikroskopische Kontrolle zeigte.

Wie schon angedeutet (vergl. Keimungsversuche, S. 542), wächst der Pilz sehr langsam. Es dauerte 15—37 Tage, bis die jungen Myzelien von Auge sichtbar wurden, wobei zwischen dem Erscheinen der ersten und letzten Kultur einer gleichzeitig geimpften Serie bis 14 Tage liegen konnten. Der Durchmesser der Kulturen nach einem Monat schwankte zwischen 2 und 9 mm. Das langsame Wachstum ist in erster Linie ein besonderes Merkmal von *Diplocarpon rosae*: es wird jedoch in Einsporkulturen durch den Bioseffekt noch unterstrichen. Der Start des Pilzes war wegen zu großer Verdünnung der das Wachstum fördernden Wuchsstoffe gehemmt (vergl. S. 540). Wenn von den Stammkulturen kleine Myzelstücke oder auch nur Konidienmassen abgeimpft wurden, so gediehen diese viel schneller. Schon nach 3—5 Tagen zeigte sich ein frischer Myzelzuwachs und nach 14 Tagen waren schon reichlich frische Konidienmassen vorhanden.

Nach 2 Monaten verlangsamte sich das Wachstum in den Reagensgläsern und hörte auf, bevor die Agarfläche ganz überwachsen war. In Kolben von 150 ccm Inhalt hielt es längere Zeit an, obwohl auch hier der Pilz den Nährboden nie völlig bedeckte.

Das junge Myzel war weißlich. Es entwickelte sich gleichmäßig nach allen Seiten zu flachen schwefelgelben, dann ocker- und orangefarbenen Kulturen. Die zentralen Partien bildeten zuweilen 3—5 mm hohe Polster. Mehr und mehr traten dunkelbraune bis schwarze Farbtöne auf, die stark

an die Farbe der Flecken auf den Blättern erinnerten. Die Dunkelfärbung beruhte auf Membranfärbung. Häufig breitete sich der Pilz auch im Agar aus und färbte ihn durch Stoffwechselprodukte dunkelbraun. Ein Teil der Kulturen blieb auch nach längerer Zeit ockerfarben. Bei anderen fanden sich helle Sektoren in dunkeln Flächen, in analoger Weise auch dunkle Sektoren in hellen Kulturen. Luftmyzel war nicht sehr reichlich vorhanden und verschwand häufig mit dem Alter. Da, wo der Nährboden anfing auszutrocknen, vereinigten sich die Hyphen zu Parallelsträngen in ähnlicher Weise, wie die subkutikularen Myzelstränge auf der Wirtspflanze.

Mit zunehmendem Alter entstanden an den Randpartien helle und dunkle Zonen infolge Selbstvergiftung durch Abbaustoffe des Pilzes. Wiederholte Messungen ließen eine zeitweise langsamere Ausdehnung erkennen. Nach Überwindung der vergifteten Zone nahm die Wachstumsgeschwindigkeit auf dem noch unverbrauchten Substrat wieder zu.

Alle Einsporkulturen produzierten reichlich Makrokonidien, während die Bildung von Mikrokonidien in Reinkultur nicht beobachtet wurde. Die Makrokonidien stimmten in ihrem Aussehen weitgehend mit den Konidien von kranken Blättern überein, nur wiesen sie häufig größere Öltropfen auf (Vergl. Abb. 10 und 11).

Die Makrokonidien werden auf künstlichem Substrat terminal und lateral an Hyphen abgeschnürt, die sich selten zu schwach entwickelten Konidienträgern differenzieren. In älteren Kulturen (Tafel I, Abb. 2) sind sie in großen Mengen in eine helle, schleimige Masse eingebettet. Sie bilden bis 1 mm große Tropfen im Zentrum der Kultur oder ringförmige Wülste längs den verschiedenen Randzonen (Tafel I, Abb. 2). Fruchtkörper entstanden in Kultur überhaupt nicht.

Die Isolierungen in den Reagensgläsern eignen sich nur in beschränktem Maße für einen Vergleich. Unterschiede in der Farbe und Wachstumsgeschwindigkeit der Kulturen sind zwar teilweise vorhanden, doch läßt sich nicht entscheiden, ob sie konstant sind, also kennzeichnend für verschiedene biologische Rassen, oder ob sie durch verschiedene Umweltbedingungen und Disposition der Konidien bei der Keimung veranlaßt werden, also nicht konstant sind.

Zur näheren Prüfung wurde deshalb von jedem Pilzstamm eine gut wachsende Einsporkultur ausgewählt und in mit Malzagar beschickte Kolben von 150 ccm Inhalt abgeimpft. Als Impfstücke dienten ca. 1 mm^2 große Myzelflöckchen oder Konidienmassen. Je 10 Parallelkulturen jedes Pilzstammes kamen zur Beobachtung in einen Raum des Gewächshauses, der gegen das direkte Sonnenlicht allseitig schattiert war und dessen Temperaturen sich täglich zwischen 12 und 26° C bewegten. Dergestalt konnten 18 Pilzstämme von 6 Provenienzen (1—3 Zürich, 5—8 Dielsdorf, 18—21 Vevey, 24—25 Niederbipp, A Airolo, G Guarda) unter annähernd gleichen Bedingungen beobachtet werden (Tabelle 19). Der Versuch mit

der Provenienz Airolo fand im November 1939 statt, mit den übrigen im November 1941. Nach einem Monat wurde die mittlere Ausdehnung jeder Kultur bestimmt (arithmetisches Mittel des größten und kleinsten Myzeldurchmessers) und Mittelwert und Streuung für jeden Pilzstamm nach Zöller (1925) ermittelt (Tabelle 19). Gleichzeitige Beobachtungen beschäftigten sich mit dem Aussehen der 10 Parallelkulturen jedes Stammes. Sie ließen erkennen, daß die Farbe kein konstantes Merkmal der Kulturen darstellt, sondern daß sie ziemlich starken Schwankungen unterliegt, deren Grund nicht klar ist. Obwohl alle 10 Parallelkulturen von einer einzigen Einsporkultur abstammten, entwickelten sie sich teils dunkelbraun, teils ockerfarben oder mit Sektorenbildung, gleichgültig, welches Aussehen die Ausgangskultur hatte. Die Ausgangskultur von Stamm 1, beispielsweise, war dunkelbraun gefärbt; trotzdem zeigten 4 von den 10 Parallelkulturen nur ockerfarbene Myzelien. Einzig die Stämme 2, 3, 25 und A_2 wiesen überall eine einheitliche Färbung auf. Doch waren es gerade diejenigen Stämme, bei denen wegen des äußerst langsamen Wachstums noch keine Differenzierung hinsichtlich der Farbe erwartet werden konnte.

Tabelle 19

Wachstum von 18 Pilzstämmen im Kontrollraum während eines Monats. Je 10 Parallelkulturen auf Malzagar in Kolben (150 ccm Inhalt)

Pilz	Herkunft	Myzel-durchmesser (mm)	Aussehen der Kulturen
		a) Material von Kulturrosen	
1	Etoile de Hollande	10,6 ± 0,66	dunkelbraune und ockerfarbene Kulturen
2	Prés. H. Hoover .	4,7 ± 0,61	ockerfarben
3	Hadley	5,7 ± 0,48	Rand dunkelbraun, gegen innen ockerfarben
5	Comtesse Vandal .	12,7 ± 0,42	dunkelbraun, zum Teil mit ockerfarbenen Sektoren
6	W. E. Chaplin . .	12,5 ± 0,33	dunkelbraun, ockerfarbene Zonen
7	Mrs. Sam Mc Gredy	14,1 ± 0,53	dunkelbraune und ockerfarbene Kulturen
8	Prés. H. Hoover .	10,1 ± 0,49	1 Kultur dunkelbraun, übrige ockerfarben
18	Hadley	10,5 ± 0,63	ockerfarben, teilweise dunkle Sektoren
19	Mrs. Sam Mc Gredy	15,7 ± 0,86	dunkelbraun, ockerfarbene Zonen
20	Wilhelm Breder .	13,5 ± 0,77	dunkelbraune und ockerfarbene Kulturen, letztere mit dunklem Rand
21	Signora P. Puricelli	9,9 ± 0,53	dunkelbraun, zum Teil mit ockerfarbenen Sektoren
24	Cathrine Kordes .	9,5 ± 0,67	dunkelbraune und ockerfarbene Kulturen
25	Betty Uprichard .	3,9 ± 0,28	ockerfarben
		b) Material von Wildrosen	
A_2	*R. vosagiaca* . . .	4,2 ± 0,30	ockerfarben
A_3	*R. uriensis* . . .	12,0 ± 0,61	dunkelbraune und ockerfarbene Kulturen, Sektorenbildung
A_5	*R. cf. canina* . .	8,1 ± 0,76	dunkelbraun
G_1	*R. eglanteria* . .	6,4 ± 0,17	ockerfarben, zum Teil mit dunklem Rand
G_2	*R. elliptica* . . .	11,5 ± 0,45	dunkelbraun, zum Teil mit ockerfarbenen Sektoren

Wenn also die Farbe der Kulturen zur Unterscheidung verschiedener Rassen nicht ausreicht, so scheint dagegen die Wachstumsgeschwindigkeit dafür geeignet zu sein. Der Myzeldurchmesser nach einem Monat schwankte bei den verschiedenen Stämmen zwischen den extremen Werten 3,9 mm (25) und 15,7 mm (19). Dazwischen fanden sich alle Übergänge. Ein Vergleich zeigte, daß eine einzige Provenienz Stämme von sehr verschiedener Wachstumsintensität liefern konnte. Die Provenienzen Dielsdorf (5—8) und Vevey (18—21) wiesen die Stämme mit der größten Wachstumsgeschwindigkeit auf. Die Unterschiede der einzelnen Stämme waren hier etwas kleiner als bei den übrigen Provenienzen.

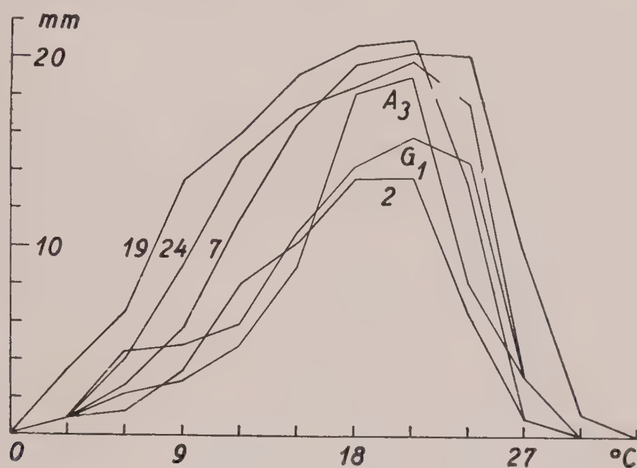


Abb. 16
Temperaturkurven von 6 Pilzstämmen
(2, 7, 19, 24 von Kulturrosen, A_3, G_1 von Wildrosen isoliert),
Messung nach 2 Monaten

Die Stämme von Wildrosen zeichneten sich durch keine kulturellen Besonderheiten aus, die sie von Kulturrosenstämmen abtrennen ließen. Das Aussehen dieser Kulturen stimmte vielmehr mit den Stämmen von Kulturrosen überein und auch die Wachstumsgeschwindigkeit bewegte sich bei den 5 Wildrosenstämmen innerhalb derselben Grenzen.

Besondere Aufmerksamkeit verdient die Tatsache, daß eine Parallelität zwischen der Wachstumsgeschwindigkeit auf künstlichem Nährboden und dem Wachstum auf der Wirtspflanze nicht besteht (Vergl. Ergebnisse der Infektionsversuche, S. 562). So war beispielsweise die Inkubationszeit des in Kultur sehr langsam wachsenden Stammes 25 in den Infektionsversuchen gleich lang wie bei Stamm 1, der in Reinkultur bedeutend rascher wuchs.

Besondere Versuche dienten der Erforschung der Temperaturansprüche des Pilzes. Sie umfaßten die Stämme 2, 7, 19, 24 der Kultur-

Tabelle 20

Einfluß der Temperatur auf das Myzelwachstum von 6 Pilzstämmen (2, 7, 19, 24 von Kulturrosen, A_3, G_1 von Wildrosen isoliert) Ermittlung des mittleren Myzeldurchmessers (in mm) nach 2 Monaten

Temperatur °C	Pilzstämme					
	2	7	19	24	A_3	G_1
0	0	0	0	0	0	0
3	Spuren	Spuren	3,5 ± 0,28	Spuren	Spuren	Spuren
6	Spuren	2,7 ± 0,12	6,5 ± 0,23	4,0 ± 0,16	2, 2± 0,21	4,4 ± 0,16
9	3,4 ± 0,18	5,8 ± 0,23	13,6 ± 0,80	8,9 ± 0,14	2, 9± 0,26	4,8 ± 0,32
12	8,0 ± 0,19	11,6 ± 0,29	16,0 ± 0,76	14,6 ± 0,56	4, 8± 0,19	5,9 ± 0,39
15	10,3 ± 0,67	16,7 ± 0,76	19,2 ± 1,31	17,4 ± 1,35	9, 0± 0,88	10,8 ± 1,25
18	13,7 ± 1,02	19,8 ± 0,97	20,8 ± 0,45	18,6 ± 0,65	18, 2± 0,64	14,4 ± 1,07
21	13,8 ± 0,95	20,4 ± 0,91	21,2 ± 0,94	20,0 ± 0,81	19, 1± 0,53	15,9 ± 0,90
24	6,6 ± 0,54	20,3 ± 0,65	13,4 ± 0,92	17,7 ± 0,91	8, 1± 0,47	14,6 ± 0,94
27	Spuren	9,8 ± 0,48	Spuren	3,2 + 0,55	3, 4± 0,27	3,2 ± 0,19
30	0	Spuren	0	0	0	0
33	—	—	—	—	—	—

rosenprovenienzen und die Stämme A_3 und G_1 der Wildrosenprovenienzen. Es wurden mit Malzagar beschickte Kolben von 150 ccm Inhalt verwendet. Für jeden Thermostaten von —3° C bis +36° C (mit Intervallen von 3° C) standen von jedem Pilzstamm 10 Kolben zur Verfügung. Nach dem Abimpfen blieben die Kolben zunächst 5 Tage im Laboratorium, bis die Impfstücke angewachsen waren. Die Messung des oberflächlichen Myzels erfolgte nach 2 Monaten. Die Kurvenwerte wurden wie oben bestimmt. Die Ergebnisse sind tabellarisch (Tab. 20) und graphisch (Abb. 16) zusammengestellt. Die 6 Pilzstämme zeigten eine auffallende Übereinstimmung in ihren Temperaturansprüchen. Die optimale Temperatur lag in allen 6 Versuchen bei 21° C, also etwas höher als für die Sporenkeimung (Vergl. Abb. 13). Die obere Wachstumsgrenze bildete 30° C, wo der Pilz nicht mehr gedieh, aber noch nicht zugrunde ging. Bei 33° C war das Myzel nach 2 Monaten abgestorben; denn es wuchs, nach Abschluß der Versuche zu 21° C gebracht, nicht mehr weiter, während die Kulturen von 30° C in den meisten Fällen sich bei 21° C zu entwickeln begannen. Bei +3° C hörte das Wachstum auf. Nach Übertragen der Kolben von dieser Temperatur zu 21° C gediehen die Kulturen jedoch in normaler Weise. Dadurch bestätigten sich die früheren Beobachtungen, wonach der Pilz mit Hilfe des Myzels überwintert. Im Bereich von 12—24° C war die normale Entwicklung des Pilzes gesichert. Seine Vitalität sank bei Temperaturen über dem Optimum ungleich stärker als bei tieferen. Es wird nun verständlich, daß der Pilz in heißen Sommern nicht überhand nehmen kann.

Die Unterschiede im Verhalten der einzelnen Stämme gegenüber den verschiedenen Temperaturen sind klein, wenn man die starke Streuung

bei den Parallelkulturen in Betracht zieht. Die langsam wachsenden Stämme 2 und G_1 erzielten auch bei den optimalen Temperaturen die kleinsten Werte. A_3 zeigte einen sehr engen Schwankungsbereich. Stamm 7 wuchs gleich gut bei 18, 21 und 24° C. Stamm 19 ließ auch bei tiefen Temperaturen einen starken Myzelzuwachs erkennen. Bemerkenswert ist, daß Stamm 24, der in den Infektionsversuchen eine längere Inkubationszeit aufwies als der gleichzeitig geimpfte Stamm 2, sich im Temperaturversuch gleich verhielt.

Die Temperaturansprüche der beiden Wildrosenstämme deckten sich mit denjenigen der Kulturrosenstämme. Eine Unterscheidung der 6 Pilzstämme nach ihren Temperaturansprüchen war auf Grund der vorliegenden Ergebnisse nicht möglich.

5. Das Bestehen morphologischer Rassen

Die Ergebnisse der Infektions- und Kulturversuche lassen bei den geprüften Pilzstämmen biologisch keine großen Unterschiede erkennen. Es lag nun nahe, zu prüfen, ob eine morphologische Unterscheidung möglich sei. Das bekannteste Beispiel morphologischer Rassen, welche sich in biologischer Hinsicht gleich verhalten, bildet *Pestalotia Guepini* Desm. (Fischer und Gäumann, 1929). Die Art zerfällt in zahlreiche Rassen, die sich nur in den Dimensionen ihrer Sporen und deren Anhängsel unterscheiden lassen.

Auch bei *Diplocarpon rosae* kommt als einziges Merkmal für eine morphologische Unterscheidung die Größe der Makrokonidien in Frage. Die Konidienform eignet sich schlecht, da sie nicht stark variiert. Die Einschnürung an der Querwand kann bei Konidien derselben Herkunft (aus einem einzigen Acervulus oder aus einer Einsporkultur) mehr oder weniger tief gehen. Die beiden Zellen können an den freien Enden abgerundet oder etwas zugespitzt sein. Ihre Wanddicke zeigt keine meßbaren Unterschiede. Die Konidienlager können für einen Vergleich nicht herangezogen werden, da sie in Form und Größe auf einem einzigen Blatt außerordentlich stark variieren.

Für die Messungen wurde folgendes Material ausgewählt: Sommerkonidien von Kultur- und Wildrosen aus mehreren Gegenden der Schweiz. Jedes Präparat enthielt Konidien eines Acervulus. Die Werte resultierten aus der Messung von je 200 Konidien, wobei die Berechnung von Mittelwert und Streuung nach Johannsen (1913) erfolgte. Die Differenz M_{Diff} zweier Mittelwerte erlaubt eine sichere Unterscheidung zweier Typen nur, wenn

$$M_{Diff} \geq 3 \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} ,$$

wobei σ_1 und σ_2 die Standardabweichungen der beiden Typen sind.

Die 16 Messungen an Kulturrosen (Tabelle 21, Abb. 17) ergaben, nach den mittleren Längen in absteigender Richtung geordnet, eine glei-

Tabelle 21

Längen und Breiten der Sommerkonidien von 16 Kulturrosen

Pilz	Rosensorte	Provenienz (Höhe über Meer)	Mittelwerte und Streuungen in μ	
			Länge	Breite
De	Mme. Jules Bouché . .	Degersheim (820 m)	22,42 ± 2,82	5,35 ± 1,39
20	Wilhelm Breder . . .	Vevey (380 m)	20,25 ± 2,21	5,59 ± 0,86
M	Sabaudia	Monthey (430 m)	20,00 ± 2,24	6,63 ± 0,83
B	Prés. H. Hoover . . .	Bern (545 m)	19,34 ± 1,97	6,31 ± 0,60
18	Hadley	Vevey (380 m)	19,24 ± 2,61	5,87 ± 0,86
7	Mrs. Sam Mc Gredy . .	Dielsdorf (450 m)	19,21 ± 2,20	5,77 ± 0,67
6	W. E. Chaplin	Dielsdorf (450 m)	18,22 ± 1,76	6,66 ± 0,62
P	Gen. Arn. Janssen . .	Pruntrut (425 m)	18,00 ± 1,83	6,51 ± 0,73
19	Mrs. Sam Mc Gredy . .	Vevey (380 m)	17,64 ± 2,34	5,58 ± 0,88
L	Hadley	Lugano (277 m)	17,10 ± 1,69	5,49 ± 0,70
Sh	Etoile de Hollande . .	Schaffhausen (420 m)	16,99 ± 2,00	6,49 ± 0,74
25	Betty Uprichard . . .	Niederbipp (463 m)	16,92 ± 1,45	5,35 ± 0,56
8	Prés. H. Hoover . . .	Dielsdorf (450 m)	16,81 ± 1,79	5,56 ± 0,45
5	Comtesse Vandal . .	Dielsdorf (450 m)	16,61 ± 1,66	5,98 ± 0,62
Sp	Caroline Testout . . .	Speicher (936 m)	16,15 ± 2,27	6,40 ± 0,77
1	Etoile de Hollande . .	Zürich (430 m)	15,54 ± 1,96	4,60 ± 0,68

tende Reihe zwischen den beiden Extremen 22,42 μ (De) und 15,54 μ (1). Ein deutlicher Einschnitt, der eine Abgrenzung verschiedener Typen erlauben würde, war nicht vorhanden. Der Unterschied zwischen Maximum und Minimum und den verschiedenen Zwischenwerten war nach Johannsen zu klein, um eine Unterscheidung morphologischer Rassen zu sichern. Die graphische Darstellung (Abb. 17) bestätigte diesen Befund, denn die Kurven griffen stark übereinander. Messungen von demselben Standort (Dielsdorf, 5—8, und Vevey, 18—20), aber auf verschiedenen Rosensorten, differierten

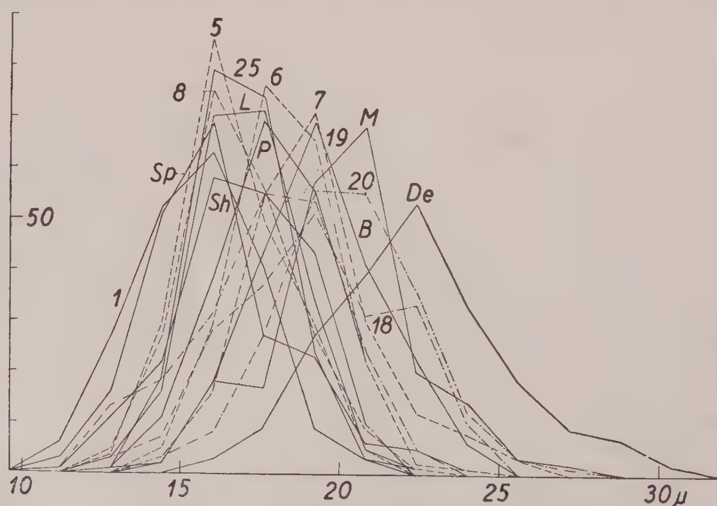


Abb. 17

Längenkurven der Sommerkonidien von 16 Kulturrosen

im gleichen Schwankungsbereich wie von Standort zu Standort. Proben von derselben Rosensorte („Prés. H. Hoover“, „Mrs. Sam McGredy“, „Etoile de Hollande“) lieferten ebenfalls verschiedene Werte, ohne daß jedoch ein direkter Zusammenhang zwischen Konidienlänge und Höhenlage oder Klima bestand, was aus dem Vergleich der Werte mit den in der Tabelle angegebenen Höhen über Meer hervorgeht. Die Konidienlänge ist wahrscheinlich durch Umweltfaktoren leicht beeinflußbar.

Die Breite der Konidien von Kulturrosen stand in keiner direkten Abhängigkeit zu ihrer Länge. Sie schwankte für die 16 Messungen im Mittel zwischen 4,6 und 6,6 μ. Ihre Variationsbreite war bei jeder einzelnen Probe außerordentlich klein. Die verschiedenen Kurven verliefen ausnahmslos eingipflig und sehr steil. 9 Kurven deckten sich fast völlig. Die Breite konnte also noch viel weniger als unterscheidendes Merkmal herangezogen werden. Hierbei fällt ins Gewicht, daß die Meßfehler bei kleinen Werten verhältnismäßig größer werden und die Genauigkeit der Resultate etwas verwischen.

Beim Wildrosenmaterial (Tabelle 22, Abb. 18) lagen die mittleren Längen zwischen 20,9 und 17,5 μ, also ungefähr innerhalb derselben Spanne wie die Werte der Kulturrosen. Eine Abhängigkeit von der Höhenlage bestand auch hier nicht. Vielmehr waren auch die verschiedenen Messungen einer einzigen Herkunft (z. B. Airolo) verschieden. Außerdem lieferten Proben von 2 verschiedenen Sträuchern der *R. vosagiaca*, am gleichen Standort bei Airolo gesammelt, verschiedene Werte. Die Kurven (Abb. 18) verliefen durchschnittlich flacher als diejenigen der Kulturrosen, doch überschnitten sie sich ebenfalls sehr stark.

Tabelle 22

Längen und Breiten der Sommerkonidien von 10 Wildrosen

Pilz	Rosenart	Provenienz (Höhe über Meer)	Mittelwerte und Streuungen in μ	
			Länge	Breite
Ma	*spec. indet.*	Martigny (477 m)	20,90 ± 2,11	6,74 ± 0,59
A_3	*R. uriensis*	Airolo (1177 m)	20,37 ± 2,37	6,13 ± 0,80
A_2	*R. vosagiaca*.	Airolo (1177 m)	20,25 ± 2,08	5,54 ± 0,78
Pf	*spec. indet.*	Pfungen (426 m)	20,10 ± 2,91	5,63 ± 0,72
A_5	*R. cf. canina*	Airolo (1177 m)	18,89 ± 2,54	5,82 ± 0,63
G_1	*R. eglanteria* s. l. . .	Guarda (1653 m)	18,85 ± 2,32	5,13 ± 0,63
A_1	*R. canina*	Airolo (1177 m)	18,62 ± 3,17	5,31 ± 0,88
A_4	*R. vosagiaca*	Airolo (1177 m)	18,41 ± 2,86	5,68 ± 0,88
W	*R. canina*	Wirbelberg (500 m)	18,36 ± 2,13	5,34 ± 0,60
G_2	*R. elliptica*	Guarda (1653 m)	17,54 ± 2,13	4,63 ± 0,66

Die Breite der Konidien von Wildrosen bewegte sich zwischen denselben Grenzen wie bei den Kulturrosen. Ihre Variationsbreite war sehr klein. Die Breite schien hier parallel zu gehen mit der Länge.

Eine Trennung in Pilzrassen von Kultur- und Wildrosen ist nach den bisherigen Resultaten nicht gerechtfertigt.

Zusammenfassung: Die Untersuchungen ergaben zwar geringe Unterschiede in der Konidienlänge. Die Werte reihen sich aber lückenlos aneinander, ohne daß irgendwo ein klarer Einschnitt die Abtrennung in verschiedene Typen erlauben würde. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Werten sind nach Johannsen nicht gesichert. Sie werden offenbar durch äußere Faktoren verursacht (Jahreszeit, Feuchtigkeit, Ernährungsbedingungen). Es besteht keine direkte Beziehung zwischen Konidienlänge und Herkunft (geographische Lage, Höhe über Meer usw.). Ebensowenig liegt ein grundsätzlicher Unterschied zwischen Konidien von Kultur- und Wildrosen vor. In Reinkultur variiert die Konidienlänge sehr viel stärker. Die Vermutung, daß Einsporkulturen eine Aufspaltung in morphologisch distinkte Rassen ergeben, hat sich nicht bestätigt.

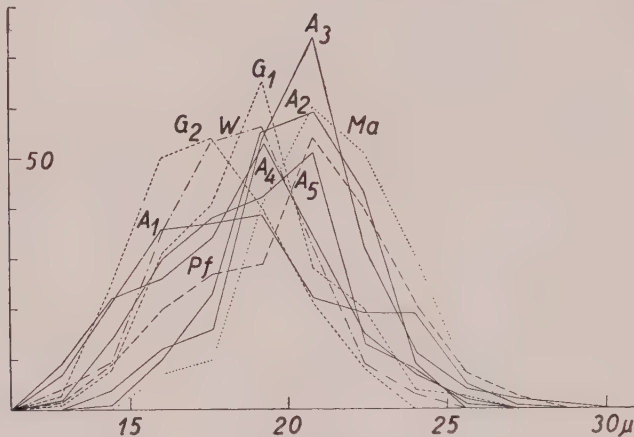


Abb. 18
Längenkurven der Sommerkonidien von 10 Wildrosen

6. Resistenz der Wirtspflanze

Im Anschluß an die Untersuchungen über die Spezialisierung soll die Frage der Resistenz beziehungsweise Empfänglichkeit der Rosen für die Schwarzfleckigkeit kurz diskutiert werden.

Aus den Versuchen mit verschiedenen Wildrosen geht hervor, daß der Pilz unter gleichen äußeren Bedingungen nicht alle Arten gleich stark befällt. *R. cinnamomea* und *R. pendulina* erwiesen sich als vollkommen resistent. *R. arvensis* wurde nur ganz schwach befallen. *R. foetida* erkrankte am heftigsten. Die Ursachen dieses unterschiedlichen Verhaltens verschiedener Rosen sind mannigfach. Zunächst beeinflussen äußere Faktoren die Disposition des einzelnen Individuums in der einen oder andern

Richtung. *R. arvensis* weist eine derartige, umweltbedingte individuelle Resistenz auf. Denn die Pflanzen, die nicht in die Versuche einbezogen wurden und als Kontrolle mit andern Rosenarten in demselben Beet im Garten unseres Institutes standen, zeigten einen mittleren Befall durch Spontaninfektion. Die in den Versuchskabinen gehaltenen Individuen waren also nur unter den veränderten Umweltbedingungen resistent (scheinbare Resistenz). Eine andere Form von scheinbarer Resistenz ist in der gärtnerischen Praxis seit langem bekannt. Darnach sind hochstämmige und Kletterrosen der Infektion viel weniger unterworfen als Buschrosen (Green, 1932; Pape, 1932, 1936). Erstere erschweren den Zutritt der Infektionskeime wegen der großen Entfernung der Blätter vom Boden, der als wichtigster Infektionsherd gilt. Außerdem findet der Pilz in größerer Höhe über dem Boden ungünstigere Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse vor. Regenwasser und Tau tropfen rascher ab und verdunsten viel schneller. Endlich liegt auch bei jenen Rosen scheinbare Resistenz vor, deren Blätter einen dicken Wachsüberzug besitzen. Die Wachsschicht bildet an sich kein Hindernis für das Eindringen des Parasiten; jedoch erschwert sie das Anhaften der Wassertropfen mit den Krankheitserregern (vergl. S. 554).

Bei *R. cinnamomea* und *R. pendulina* müssen andere Gründe für die Resistenz verantwortlich gemacht werden, da die Kontrollpflanzen im Garten ebenfalls gesund blieben, obwohl ihre Blätter in enger Berührung mit kranken Blättern von *R. foetida*, *R. arvensis*, *R. pomifera* und *R. glauca* standen. Es handelt sich hier um natürliche Resistenz. Das Eindringen des Parasiten wird durch genotypisch bedingte Besonderheiten im morphologisch-anatomischen Aufbau der Wirtspflanze verhindert. Da der Pilz durch die intakte Oberhaut eindringt, kann man sich fragen, ob die Oberhaut bei den resistenten Rosen anders gebaut ist als bei den empfänglichen. Ein direkter Zusammenhang zwischen Dicke der Kutikula, beziehungsweise Epidermisaußenwand und Resistenz konnte nicht nachgewiesen werden; denn Blattquerschnitte (mit Sudan III gefärbt) von *R. cinnamomea*, *R. pendulina* einerseits und *R. foetida*, *R. eglanteria* „W. E. Chaplin" andererseits, ergaben keine bemerkenswerten Unterschiede. Wie aus den Infektionsversuchen (vergl. S. 558) hervorgeht, nimmt die Widerstandsfähigkeit mit dem Alter der Blätter zu. Es ist denkbar, daß das widerstandsfähige Stadium bei den resistenten Rosen früher erreicht wird (Roemer-Fuchs-Isenbeck, 1938). Die Resistenz beruht außerdem nicht nur auf mechanischen, sondern ebensosehr auf physiologisch-chemischen Faktoren (chemische Zusammensetzung der Zellwände, Fehlen von für den Pilz lebenswichtigen Nährstoffen, usw.).

R. foetida besitzt von allen geprüften Rosen die größte Empfänglichkeit. Die Kontrollpflanzen im Garten unterlagen der Spontaninfektion ebenfalls sehr stark und verloren ihr krankes Laub vor allen andern

befallenen Wildrosen. Allerdings werfen in der Regel auch gesunde Pflanzen im Herbst ihr Laub früher ab als andere Wildrosen. Die Heimat der *R. foetida* liegt in Armenien, Persien und Turkestan, wo sie an sonnigen, trockenen Lagen gedeiht. Die Ruheperiode fällt dort in die heiße, regenlose Sommerzeit. *R. foetida* hat auch in unserem ozeanischen Klima der gemäßigten Zone die Neigung zu frühem Blattabwurf beibehalten; ihre Empfänglichkeit für *Diplocarpon rosae* ist sicher zum großen Teil durch besonders günstige, morphologisch-anatomische und chemische Verhältnisse ihrer Blätter bedingt, zum Teil wahrscheinlich dadurch, daß sie und ihre Abkömmlinge bei uns in einem nicht zusagenden Klima wachsen. *R. foetida* ist im Orient eine alte Kulturrose. Aus der Kreuzung ihrer Abkömmlinge „Persian Yellow" (1837 in England) und „Harrisons Yellow" (1825 in Amerika) mit Remontanten und Teehybriden ging die neue gärtnerische Klasse der Pernetrosen (= Luteahybriden) hervor. Wesentlich ist, daß die Abkömmlinge neben den hervorragenden Eigenschaften auch die Neigung zu frühem Blattabwurf und die große Empfindlichkeit für die Schwarzfleckigkeit von der Stammart übernommen haben.

Nach einer gärtnerischen, in der Literatur vielfach bestätigten Erfahrung leiden die Pernetrosen mehr unter der Krankheit als andere Kulturrosenklassen (Massey-Westcott, 1928; Green, 1931, 1932; Lyle, 1938, 1940). Zweiginfektionen, die eine besonders starke Empfänglichkeit voraussetzen, sind vor allem auf Pernetrosen bekannt, zum Beispiel auf „Juliet" (Alcock, 1918), „Los Angeles" (White, 1930)", „Louise Cathérine Breslau (Green, 1931), „Luxembourg" (Boyd, 1936) und „Pernet" (Lyle, 1938). Ein Bericht über die ausgedehnten Rosenkulturen in Ormöz, Jugoslavien (Brodar-Rathlef, 1937) aus einem für die Ausbreitung der Schwarzfleckigkeit besonders günstigen Jahr gibt Aufschluß über die Anfälligkeit von 36 Pernet- und 107 Teehybridensorten. Er enthält eine Einteilung der Sorten in drei Infektionsgrade, wobei die stärkere Anfälligkeit der Pernetsorten deutlich zum Ausdruck kommt. Während bei gleicher Behandlung (wöchentlich zweimaliges Stäuben oder Spritzen) nur ein Viertel der Pernetsorten wenig befallen war, blieb die Hälfte der Teehybridensorten fast völlig frei von der Krankheit. Mittelmäßigen Befall zeigten 44 % der Pernet- gegenüber 31 % der Teehybridensorten. Vollkommen infiziert waren bei den Pernetrosen fast 30 %, bei den Teehybridensorten nur 15 %.

Die Anfälligkeit für die Schwarzfleckigkeit wurde jedoch nicht ausschließlich durch *R. foetida* in unsere Kulturrosen eingekreuzt. Das geht schon daraus hervor, daß die Krankheit auch auf Kultur- und Wildrosen übergeht, die nicht dem Verwandtschaftskreis der *R. foetida* angehören (Vergl. Verbreitung der Krankheit und Infektionsversuche mit Wildrosen).

Über die Resistenz von Rosensorten liegen zahlreiche Angaben aus verschiedenen Ländern vor (Großbritannien: Green, 1931, 1932;

Downes, 1932; Deutschland: Möhring, 1932; Pape 1938; Schweden: Eriksson, 1928; Vereinigte Staaten von Nordamerika: Massey-Westcott, 1928; Dodge, 1929; Boyd, 1936; Rosen 1938, 1940). Bei vielen Sorten zeigen sich erhebliche Widersprüche sowohl in den Ergebnissen verschiedener Beobachtungsstellen wie verschiedener Jahre vom gleichen Standort. Die Uneinheitlichkeit der Angaben ist durchaus verständlich bei der Vielzahl der Faktoren, die den Befall sowohl von der Seite des Wirtes wie von der Seite des Parasiten beeinflussen. So kann eine Sorte in einem ihr zusagenden Klima, das der Entwicklung des Pilzes ungünstig ist, vollkommen resistent erscheinen, an einem andern Ort aber, wo der Pilz durch das Klima gefördert wird, sich als stark anfällig erweisen. Außerdem schwankt auch die Anfälligkeit einer Sorte an einem Standort von Jahr zu Jahr, je nach den Wetterverhältnissen. In diesen komplizierten Wechselbeziehungen zwischen Wirt und Parasit einerseits und äußeren Bedingungen andererseits liegt die Schwierigkeit bei der Beurteilung der Rosensorten auf ihre Resistenz.

E. Bekämpfung.

Die ökonomische Bedeutung der Krankheit liegt auf der Hand. Der Pilzbefall verursacht Stoffwechselstörungen, als deren Folge ein verfrühter Laubfall einsetzt. Massey (1918) hat ausgerechnet, daß der Blattverlust direkt proportional dem Prozentsatz kranker Blättchen ist. Die bedeutende Reduktion der assimilierenden Blattoberfläche setzt die Nährstoffproduktion der Pflanze herab, wodurch die Blüten des neuen Austriebes in Zahl und Qualität stark beeinträchtigt werden. Mit der Ausbreitung der Krankheit in den Rosenkulturen erhob sich sehr bald die Frage nach einer erfolgreichen Bekämpfung. (Kellermann, 1927; Massey-Westcott, 1928; Massey-Parsons, 1931; Green, 1932; Dodge, 1929, 1932; Alice Aronescu, 1934; Massey, 1936; Shelley, 1936).

Zunächst läßt sich die Infektionsgefahr vermindern, wenn alle am Boden liegenden kranken Pflanzenteile sorgfältig eingesammelt und vertilgt werden. Lyle (1938) hat festgestellt, daß durch wiederholtes Ablesen der kranken Blätter von Treibhausrosen der Infektionsprozentsatz bedeutend herabsinkt. Massey und Lyle (1936) konnten die Ausbreitung der Krankheit auf Gewächshausrosen durch geeignete Maßnahmen einschränken: die Feuchtigkeit in den Treibhäusern wurde auf ein Minimum herabgesetzt und vom Berieseln der Pflanzen Abstand genommen, da dieses den Pilz von Pflanze zu Pflanze verschleppt. Versuche von Green (1931) und Lyle (1938), durch besondere Düngung die Rosen zu kräftigen und damit ihre Widerstandsfähigkeit zu erhöhen, hatten keinen Erfolg. Die bisher erwähnten Maßnahmen sind jedoch, allein angewendet, ungenügend.

Die Mehrzahl der Angaben, zumeist amerikanischen Ursprungs, betrifft den prophylaktischen Infektionsschutz. Nach dem heutigen Stand der Untersuchungen genießen schwefelhaltige Stäubemittel den Vorzug gegenüber Spritzmitteln (Berichte der Eid. Versuchsanst. Wädenswil, 1940; Brodar-Rathlef, 1937; Lyle, 1940; Massey, 1939; Pape, 1938; Rosen, 1938, 1940; Suit, 1938). Voraussetzung für einen Erfolg mit allen chemischen Mitteln ist das Erreichen eines lückenlosen, guthaftenden Überzuges auf der Blattfläche. Diese Bekämpfungsmethode ist bis heute die erfolgreichste und am meisten verbreitet. Dennoch befriedigt sie nicht restlos. Die chemischen Mittel verursachen häufig Verbrennungen an Blättern und Blüten. Ferner stören sie das ästbetisehe Empfinden (Handel mit Schnittrosen). Am meisten fällt jedoch der große Kosten- und Zeitaufwand ins Gewicht, da ja die Behandlung in kurzen Abständen und zwar jedes Jahr von neuem wiederholt werden muß.

Abschließende Betrachtungen über die Bekämpfung der Schwarzfleckigkeit mögen der Resistenzzüchtung gelten. Es besteht allerdings wenig Aussicht, unter den Kultursorten solche zu finden, die völlig und unter allen Umständen widerstandsfähig sind und ein erfolgversprechendes Ausgangsmaterial für die Züchtung absolut widerstandsfähiger Sorten abgeben könnten (Dodge, 1929; Rosen, 1940). Dagegen kommen unter den Wildrosen absolut widerstandsfähige Arten vor *(R. cinnamomea* und *R. pendulina).* Es müßte also der Versuch unternommen werden, durch Einkreuzen der beiden Arten in unsere Kultursorten neue, widerstandsfähige Sorten zu erzielen. Vermutlich kommt diesem Beispiel nur theoretischer Wert zu, da sich weder *R. cinnamomea* noch *R. pendulina* im übrigen durch besondere, für die Züchtung wertvolle Merkmale auszeichnen. *R. cinnamomea* besitzt unscheinbare Blüten von fehlender Leuchtkraft und keinen besonders schönen Wuchs. Bei *R. pendulina* erscheint einzig die Dornenlosigkeit als wünschenswert. Es wären demnach absolut resistente Wildrosenarten mit züchterisch wertvollen Qualitäten ausfindig zu machen und mit ebenfalls möglichst resistenten, hochwertigen Kultursorten zu kreuzen. Erschwerend wirkt bei den Bastardierungsversuchen, daß die Gattung *Rosa* sehr komplizierten Vererbungsgesetzen folgt. Doch haben Kreuzungsversuche mit Rosen schon oft wider alle Erwartungen und Berechnungen überraschende Ergebnisse gezeitigt.

Zusammenfassung

Diplocarpon rosae (Lib.) Wolf ist ein fakultativer Parasit.

Die Hyphen breiten sich im Wirt subkutikular aus, ferner interzellular im Innern der lebenden Blätter und intrazellular in der saprophytischen Phase. Die schwarze Farbe der Flecken beruht auf der Dunkelfärbung der subkutikularen Hyphen und der zerstörten Wirtszellen.

Die zweizelligen, hyalinen Makrokonidien entstehen auf den grünen Blättern in Sommerkonidienlagern (subkutikulare Acervuli), die im Herbst außerdem einzellige bakterioide Mikrokonidien bilden und auf den abgestorbenen Blättern in Winterkonidienlagern (subepidermale Pyknidien).

Sommer- und Winterkonidien und Konidien aus Einsporkultur keimen in gleicher Weise im hängenden Wassertropfen. Die Keimfähigkeit ist abhängig von der Jahreszeit und vom Alter der Konidien. Der synthetische Wuchsstoff „Roche 202" beschleunigt den Keimungsvorgang. Die optimale Temperatur liegt für die Keimung bei 18° C, die minimale bei 0° C und die maximale bei 33° C. Bei der Keimung auf dem Rosenblatt bildet jede Konidie einen einzigen kurzen Keimschlauch, der durch die intakte Kutikula, auf der Blattunterseite gelegentlich durch die Spaltöffnungen eindringt.

Die Hauptfruchtform wurde nicht gefunden und scheint aus Europa überhaupt noch nicht bekannt zu sein.

Der Pilz überwintert mit dem saprophytischen Myzel.

Nach Infektionsversuchen mit verschiedenen Suspensionsmitteln der Konidien erzeugt der Wachsüberzug der jungen Blätter eine scheinbare Resistenz.

Unter gleichen äußeren Bedingungen infiziert der Pilz beide Blattseiten in derselben Zeit und gleich stark. Dagegen befällt er junge Blätter schneller und stärker als alte.

Ein- und zweijährige Sämlinge sind empfänglicher als mehrjährige Pflanzen.

Bei Infektionsversuchen mit verschiedenen Pilzstämmen von Kultur- und Wildrosen auf 2 Kultursorten und 7 Wildrosenarten erwies sich Stamm 5 als nicht pathogen; die übrigen Stämme ergaben keine Anhaltspunkte zur Unterscheidung biologischer Rassen. Dagegen zeigen die verschiedenen Wildrosen Unterschiede in ihrer Empfänglichkeit.

Infektionsversuche mit *Alchemilla mollis*, *Fragaria vesca*, *Geum urbanum*, *Potentilla micrantha* und *Agrostemma Githago* blieben erfolglos.

Durch längeres Wachstum in Reinkultur erfährt die Pathogenität des Pilzes eine starke Abschwächung. Die Pilzstämme wiesen in Reinkultur einzig hinsichtlich der Wachstumsgeschwindigkeit konstante Unterschiede auf. Die Temperaturansprüche sind dagegen bei den geprüften Stämmen gleich: das Optimum liegt bei 21° C, das Minimum bei 0° C und das Maximum bei 30° C.

Messungen an Sommerkonidien verschiedener Provenienz von Kultur- und Wildrosen ergeben eine gleitende Reihe. Die kleinen Unterschiede der einzelnen Mittelwerte gestatten keine sichere Trennung in verschiedene morphologische Rassen.

Literaturverzeichnis

Alcock, N. L., 1918. On the life-history of the rose blotch fungus. Kew. Bull. Misc. Inf., 193—197.

Altson, R. A., 1926. Appendix III. Rep. of the Assistant Botanist and Mycologist. Rep. Dep. of Sci. and Agr. Brit. Guiana for the year 1924, 45—54.

Aronescu, Alice, 1934. Diplocarpon rosae: from spore germination to haustorium formation. Bull. Torr. Bot. Club, **61**, 291 – 329.

Averna-Saccá, R., 1926. Contribuiçao paro o estudo das molestias cryptogamicas das Roseiras. Secr. Agr. Comm. e Obras Publ. S. Paulo, 67 p.

Ber. Eidg. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil für 1935—1937. 1940. Annu. agric. Suisse, **14**, 4, 389—464.

Berkeley, M. J., 1860. Outlines of British fungology. London, 442 p.

Bisby, G. R., 1938. The fungi of Manitoba and Saskatchewan (Canada).

Bonorden, H. F., 1853. Beiträge zur Mykologie. Botanische Zeitung, **11**, 281--294.

Borg, P., 1936. Report of the Plant Pathologist. Rep. Imp. Agr. Malta, 1934—1935, 53—61.

Boyd, G. T., 1936. Rose diseases. Tex. Agr. Exp. Sta., **49**, Ann. Rep., p. 100.

— 1937. Rose diseases. Tex. Agr. Exp. Sta., **50**, Ann. Rep., p. 109.

Briosi, G. e Cavara, F., 1889. I funghi parassiti delle piante coltivate od utili. Essicati, delineati e descritti. Fasc. 3—4, n. 97.

Brodar, A., 1937. Bericht über das Rosenkulturjahr 1936 aus Ormöz, Jugoslavien, bearb. von H. v. Rathlef. Rosenjahrbuch, H. 2, 57—61.

Chardon, C. E. and Toro, R. A., 1934. Mycological explorations of Venezuela.

Chifflot, M., 1914. Sur l'extension du Marssonia rosae (Bon.) Br. et Cav. dans les cultures de rosiers. Ass. Franc. Avanc. Sci. C. R., **43**, 426—428.

Cooke, M. C., 1892. Handb. aust. Fung., 458 p.

— 1906. Fungoid pests of cult. plants. London.

Diedicke, H., 1912. Die Abteilung Hyalodidymae der Spaerioideen. Ann. myc., **10**. 135—152.

— 1915. Pilze VII. Krypt. Fl. Mark Brandenburg, **9**, p. 830.

Dodge, B. O., 1929. Fungous diseases and insects in the rose garden. Journ. N. Y. Bot. Gard., **30**, 105—124.

— 1931. Further study of the morphology and life history of the blackspot fungus. Mycologia, **23**, 446—462.

— 1932. Our rose garden. Journ. N. Y. Bot. Gard., **33**, 45—53.

Dop, P. et Gautié, A., 1928. Manuel de Technique Botanique.

Downes, A. C., 1932. Black spot on roses. Gard. Chron., **92**, 358—359.

Duby, J. E., 1830. Botanicon Gallicon, Vol. 2.

Ducomet, V., 1907. Recherches sur le développement de quelques champignons parasites à thalle subcuticulaire. Thèse, Rennes, 275 p.

Eriksson, J., 1885. Bidrag till Kännedomen om våra odlade växters sjukdomar I. Stockholm.

— 1928. Die Pilzkrankheiten der Garten- und Parkgewächse. Stuttgart.

Fischer, E. und Gäumann, E., 1929. Biologie der pflanzenbewohnenden parasitären Pilze. Jena, 428 p.

Flachs, K., 1931. Krankheiten und Parasiten der Zierpflanzen. Stuttgart.

Frank, B., 1885. Über das Rosen-Asteroma, einen Vernichter der Rosenpflanzungen. 16 p. Ref. in Bot. Zentralbl., 1886, **27**, 294—295.

— 1896. Die pilzparasitären Krankheiten der Pflanzen, **2**, 574 p.

Fries, E., 1815. Observationes mycologicae I. (Havniae.)

— 1828. Elenchus fungorum. II.

— 1829. Systema mycologicum III.

— 1849. Summa vegetabilium Scandinaviae I.

Fuckel, L., 1869. Symbolae mycologicae.

Gäumann, E., 1926. Vergleichende Morphologie der Pilze. Jena, 626 p.

— 1940. Neuere Erfahrungen über die Entwicklungsgeschichte der Ascomyceten. Zeitschrift für Botanik, **35**, 433—513.

Gomez-Menor, J., 1936. Hongos queatacan al Rosal. Rev. Agr. S. Domingo, **27**, 2304—2305.

Green, D. E., 1931. Contributions from Wisley laboratory. 57. Experiments and observations on the incidence and control of the black spot disease of roses. Journ. Roy. Hort. Soc., **56**, 18—30.

— 1932. Further observations on the black spot disease of roses (Diplocarpon rosae Wolf). Journ. Roy. Hort. Soc., **57**, 58—62.

Grove, W. B., 1918. New or noteworthy fungi. Part. VI. Journ. Bot., p. 343.

— 1937. British stem- and leaf-fungi, Vol. II. Cambridge.

Johannsen, W., 1913. Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena, 735 p.

Keitt, G. W. and Palmiter, D. H., 1938. Heterothallism and variability in Venturia inaequalis. Am. Journ. Bot., **25**, 338—345.

Keller, R., 1931. Synopsis rosarum spontanearum Europae mediae. Denkschr. Schweiz. Naturf. Ges., **65**, 796 p.

Kellermann, W., 1927. Wie in den Rosenhäusern von Aalsmeer die Pilzkrankheiten bekämpft werden. Gartenwelt, **31**, 623—624.

Klebahn, H., 1918. Haupt- und Nebenfruchtformen der Ascomyceten. Leipzig.

— 1924. *Fabraea fragariae*, die Schlauchfruchtform der *Marssonina fragariae*. Ber. Deutsch. Bot. Ges., **42**, 191—197.

Küthe, K., 1935. Zur Infektion und Kultur des Apfelschorfes. Gartenbauwissenschaft, **9**, 405—420.

László, H., 1910. Für Ungarn neue Pilze aus der Umgebung von Kecskemét. Beibl. Botanikai Közlemények, H. 4—5, 198—221.

Libert, Marie A., 1826. Observations sur le genre Asteroma et description de deux espèces appartenant à ce genre. Mém. Soc. Linn. Paris, **5**, 404—406.

Lyle, E. W., 1938. Black-spot disease of roses and its control under green-house conditions. Agr. Exp. Sta. Ithaca N. Y., Bull. 619.

— 1940. Rose diseases. Circ. Tex. Agr. Exp. Sta., Nr. 87, 16 p.

Magnus, P., 1906. Notwendige Umänderung des Namens der Pilzgattung *Marssonia* Fisch. Hedwigia, **45**, p. 88.

Massey, L. M., 1917. Rose diseases. Am. Rose Ann., **2**, 92—101.

— 1918. Experiments for the control of black-spot and powdery mildew of roses. Phytop., 8, 20—23.

— 1936. The 1935 disease-control campaign. Am. Rose Ann., **21**, 110—116.

— 1939. Fungicides for roses. Am. Rose Ann., **24**, 103—111.

— and Lyle, E. W., 1936. Control of black-spot on roses studied at Cornell. Flor. Rev., 19—20.

— and Parsons, B., 1931. Rose-disease investigations. Am. Rose Ann., **16**, 65—80.

— and Westcott, C., 1928. Black-spot again. Cornell Univ. Ithaca, N. Y.

Möhring, K., 1932. Die verschiedene Widerstandsfähigkeit von Rosensorten gegen Sternrußtau. Gartenwelt, **36**, 698—699.

Nannfeldt, J. A., 1932. Studien über die Morphologie und Systematik der nicht lichenisierten inoperculaten Discomyceten. Nova Acta R. soc. scient. Upsaliensis, Ser. 4, **8**, Nr. 2, 368 p.

Oudemans, C., 1904. Catalogue des champignons des Pays-Bas.

— 1921. Enumeratio systematica fungorum. Vol. III, 643—689.

Pape, H., 1932. Melanconiales. In: P. Sorauer, Handbuch der Pflanzenkrankheiten, **3**, 2. Teil (5. Aufl.), p. 553.

— 1936. Krankheiten und Schädlinge der Zierpflanzen. Berlin.

— 1938. Die wichtigsten Rosenkrankheiten und Rosenschädlinge und ihre Bekämpfung. Rosenjahrbuch, H. 2, 56—67.

Perotti, R., 1940. Biologia vegetale III. Micologia-Malattie parassitarie.

Rathlef, H. v., 1937. Die Zusammensetzung der Rosensammlung im Vereinsrosar mit Bezugnahme auf das natürliche Verbreitungsgebiet der Rose. Rosenjahrbuch, H. 2, 52—57.

Roemer, Th., Fuchs, W. H. und Isenbeck, K., 1938. Die Züchtung resistenter Rassen der Kulturpflanzen. Berlin, 427 p.

Rosen, H. R., 1938. Arkansas disease-control work in 1937. Am. Rose Ann., **23**, 146—148.

— 1940. The Arkansas rose-disease report. Am. Rose Ann., **25**, 119—122.

Rudloff, C. F., 1934. Venturia inaequalis. III. Zur Formenmannigfaltigkeit des Pilzes. Gartenbauwissenschaft, **9**, 105—119.

Russell, T. A., 1936. Plant pathologist report 1935. Rep. Bd. Agr. Bermuda, 18—23.

Saccardo, P. A., 1884. Sylloge Fungorum, **3**, p. 408.

Săvulescu, T., 1935. L'état phytosanitaire en Roumanie au cours de l'année 1933—34. Inst. Cerc. Agron. al României, **24**, 59 p.

Schmidt, M., 1935. Venturia inaequalis. IV. Weitere Beiträge zur Rassenfrage beim Erreger des Apfelschorfes. Gartenbauwissenschaft, **9**, 364—389.

— 1936. Venturia inaequalis. V. Weitere Untersuchungen über die auf verschiedenen Bäumen lebenden Populationen des Apfelschorfes. Gartenbauwissenschaft, **10**, 422—427.

Scribner, F. L., 1887. Black-spot on rose leaves. U. S. Dep. Agr. Ann. Rep., 366—369.

Seymour, A. B., 1929. Host index of the Fungi of North America. Cambr. Massach. Harv. Univ. Press., 732 p.

Shelley, A. D., 1925. Black-spot. Rose Annu., 133—138.

— 1936. Black-spot. Rose Annu., 118—120.

Stevenson, J., 1879. The fungi of Scotland and their geographical distribution. Edinburgh.

Suit, R. F., 1938. Red copper oxide up to date. Am. Rose Ann., 153—157.

Taubenhaus, J. J., 1936. Rose diseases. Tex. Agr. Exp. Sta., **49**, Ann. Rep., p. 100.

Tehon, L. R., 1935. A monographic rearrangement of Lophodermium. Illinois biol. Monogr., **13**, No. 4, 151 p.

Teodoro, N. G., 1937. An enumeration of Philippine fungi. Manila.

Terrier, Ch. A., 1942. Essai sur la systématique des Phacidiaceae (Fr.) sensu Nannfeldt (1932). Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz, **9**, H. 2, 1—99.

Trail, J. W., 1889. The fungi of Inverary Micromycetes. II. Scott. Natural, **10**. 57—76.

Truffaut, G., 1912. Les Ennemis des plantes cultivées.

Tubeuf, C. v., 1916. Die von Parasiten bewohnten grünen Inseln vergilbender Blätter. Nat. Zeitschr. Land- u. Forstw., **14**, 42—46.

White, R. P., 1930. Black-spot and brown canker control. Am. Rose Ann., **15**, 83—86.

Wildiers, E., 1901. Nouvelle substance indispensable au développement de la levure. La Cellule, **18**, fasc. 2.

Wolf, F. A., 1912. The perfect stage of Actinonema rosae. Bot. Gaz., **54**, 218—234.

— 1924. Strawberry leaf scorch. Journ. Elisha Mitchell Sci. Soc., **39**, 141—163.

— 1926. Leaf scorch disease of strawberries. N. C. Agr. Exp. Sta. Techn. Bull., **2**, 1—16.

Zöller, W., 1925. Formeln und Tabellen zur Errechnung des mittleren Fehlers. Verl. Schlegel, Berlin.

Erklärung der Tafeln

Tafel I

Abb. 1: Dendritische Anordnung der Parallelstränge auf der oberen Epidermis. (Vergr. 450 mal.) Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 2: 6 Monate alte Einsporkultur (Stamm 7) auf Malzagar. Konidien in weißlichen Tropfen über die Agarfläche zerstreut. Wenig weißes Luftmyzel. Schwache Zonenbildung. (Natürliche Größe.) Photogr. Institut, E. T. H.

Abb. 3: Querschnitt durch ein Sommerkonidienlager (Oktober) mit vereinzelten Makrokonidien und zahlreichen Mikrokonidien. (Vergr. 390 mal.) Phot. Ganz.

Abb. 4: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf einem jungen, anfälligen Blättchen von „Etoile de Hollande". (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Abb. 5: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf einem alten, widerstandsfähigen Blättchen von „W. E. Chaplin". (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Tafel II

Abb. 1: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf *R eglanteria.* (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Abb. 2: Künstliche Infektion mit Stamm 1 (1 Monat alte Einsporkultur) auf einjährigem Sämling von *R. abietina.* Flecken auf der Blattspreite sternförmig, schwarz, auf dem Nebenblättchen von unbestimmter Form. (Natürliche Größe.) Phot. Ganz

Abb. 3: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf *R. arvensis.* (Natürliche Größe.) Phot Ganz.

Abb. 4: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf *R. foetida.* (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Abb. 5: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf zweijährigem Sämling von *R. glauca* (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Abb. 6: Künstliche Infektion mit Stamm 25 auf *R. pomifera.* (Natürliche Größe.) Phot. Ganz.

Tafel I.

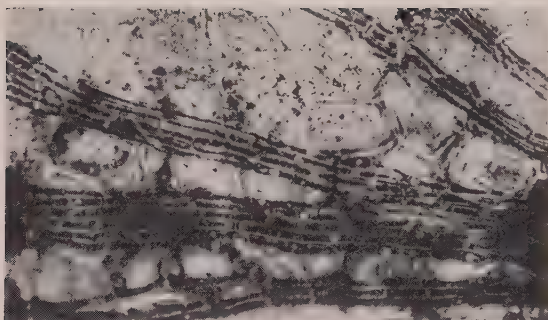


Abb. 1

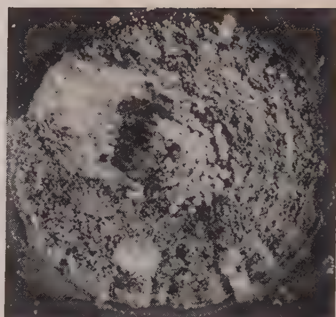


Abb. 2

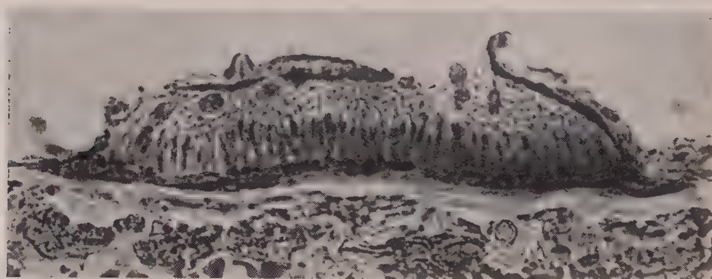


Abb. 3

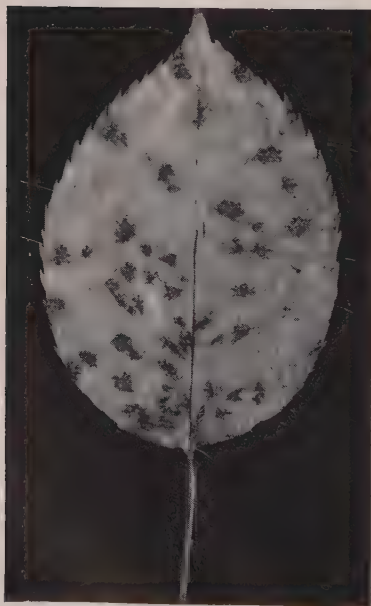


Abb. 4

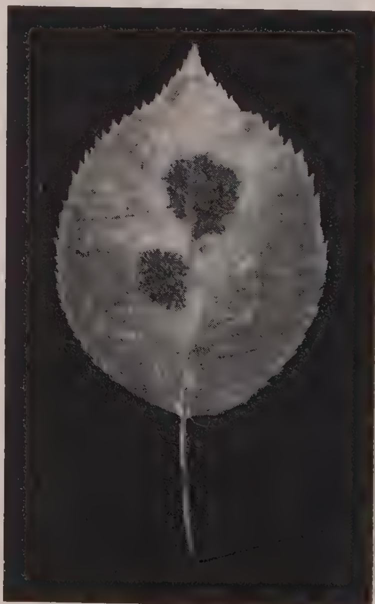


Abb. 5

Tafel II



Abb. 1



Abb. 2

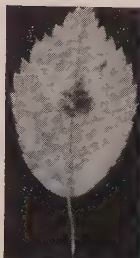


Abb. 3

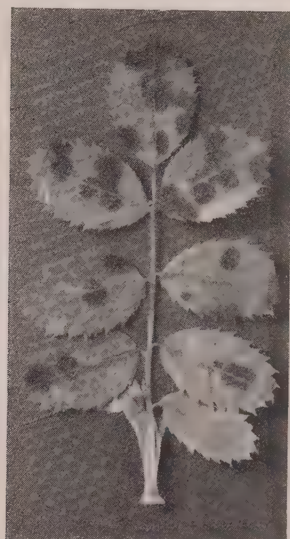


Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten
der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt für die Generalbezirke
Estland, Lettland und Litauen
Leiter: Regierungsrat Dozent Dr. M. Klinkowski

Über das Vorkommen des Weizenälchens (*Tylenchus tritici* Stein.) in Litauen[1])

Von St. Mastauskis-Dotnuva

Mit 2 Abbildungen

In Litauen wurde, ebenso wie in Lettland und Estland das Weizenälchen bis zum Jahre 1930 nicht festgestellt, so daß Litauen bis zu dieser Zeit als frei von diesem Weizenschädling galt. Im Jahre 1930 wurde dann erstmalig das Weizenälchen in der Umgebung des Kirchdorfes Lenos (Uzugiris), Bezirk Taujenai im Kreise Wilkomir, beobachtet (5). Schon 5 Jahre später wurde durch Untersuchungen erwiesen, daß die Sommerweizenfelder aller Bauern in dem genannten Kirchdorf und außerdem in zwei benachbarten Dörfern Weizenälchen-Befall aufwiesen. Auf einem Felde wurden ca. 60% gichtkranke Sommerweizenähren gefunden (6). Durch Verordnung des Landwirtschafts- und des Innenministeriums wurde die Aussaat von Sommerweizen in den Jahren 1934—35 in der Umgebung von Lenos verboten. Zusätzlich wurde noch das mit Nematoden infizierte Saatgut durch die Landwirtschaftsgesellschaft in Wilkomir im Jahre 1934 in drei Dörfern aufgekauft. Hierbei wurden von 28 Bauern insgesamt 4095 kg Weizen zur Ablieferung gebracht, die nach erfolgter Reinigung vermahlen wurden. Die bei der Reinigung angefallenen gichtkranken Körner wurden zum Zwecke der Vernichtung vergraben.

Im Jahre 1934 wurde das Weizenälchen an Sommerweizen in zwei Dörfern des Bezirkes Taujenai, Kreis Wilkomir, und im Bezirke Raguva sowie in einem Dorfe des Bezirkes Vadokliai, Kreis Ponewesch, beobachtet (7). Ein Jahr später konnte dieser Schädling bereits in 7 Dörfern des Bezirkes Taujenai und in 36 Dörfern der Bezirke Raguva, Vadokliai und Ponewesch festgestellt werden.

Insgesamt wurde somit das Weizenälchen im Jahre 1935 in 43 Dörfern bei 102 Bauern gefunden (siehe Tabelle 1). Die Befallsstärke war auf den einzelnen Betrieben sehr unterschiedlich. So wurden in einem Falle bis zu 90% von Nematoden infizierte Sommerweizenähren gefunden, so daß es kaum

[1]) Gleichzeitig 8. Mitteilung der von Regierungsrat Dozent Dr. M. Klinkowski herausgegebenen Aufsatzreihe „Pflanzenpathologie im Ostland".

möglich war, auf dem Weizenfelde eine gesunde Ähre anzutreffen (8). Auf dem Weizenfelde eines anderen Bauern in dem gleichen Dorfe war der Nematodenbefall im Unterschiede dazu kaum erwähnenswert (0.001 %). Im Durchschnitt betrug die Befallsstärke 1 bis 10%.

Wie außerordentlich schnell sich die Nematoden zu vermehren vermögen, kann man an dem Beispiel eines Bauern im Dorfe Keliugala in Bezirke Vadokliai ersehen. Im Jahre 1935 hatte dieser Bauer Sommerweizensaatgut zur Aussaat gebracht, das etwa 2% Gichtkörner enthielt. Beim Drusch des Sommerweizens ergab sich, daß der Befall inzwischen auf 60% gestiegen war; die Nematodenanzahl im Sommerweizen hatte sich also im Laufe eines Sommers verdreißigfacht!

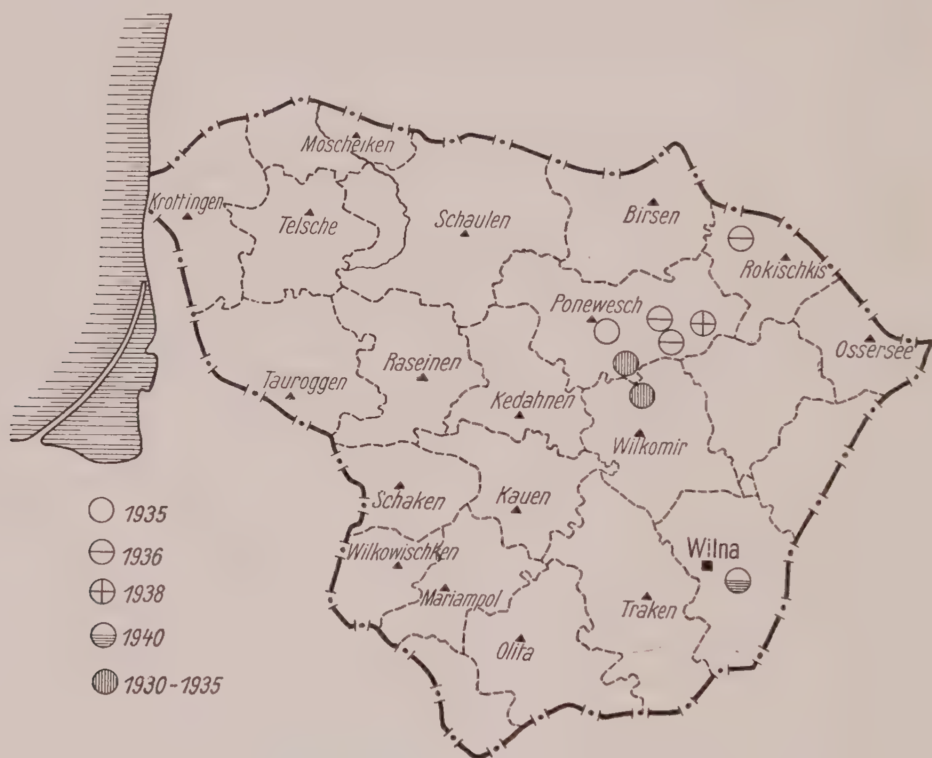


Abb. 1
Das Auftreten des Weizenälchens in Litauen

Da die Nematodenverseuchung immer weiter um sich griff, wurde während der Sommermonate der Jahre 1935—38 eine Reihe von Agronomen in die Befallsgebiete entsandt, die an Ort und Stelle die Verbreitungsgrenzen des Weizenälchens untersuchen und Bekämpfungsmaßnahmen gegen diesen Schädling vorbereiten sollten.

Zur Verhinderung der weiteren Nematodenverbreitung wurde auf Grund des Gesetzes zur Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschädlingen (9) die Aussaat von Sommerweizen in den Bezirken Taujenai (Kreis

Tabelle 1

Die Verbreitung des Weizenälchens in Litauen in den Jahren 1930—1940.

Jahr	Kreis	Bezirk	Zahl der Dörfer	Zahl der Wirtschaften	Verseuchte Fläche ha	Gichtkranke Ähren in %	Bemerkungen
1930	Wilkomir	Taujenai	1	?	?	?	Kirchdorf Lenos
1933	Wilkomir	Taujenai	3	29	?	5 - 60	Kirchdorf Lenos und Dörfer Uzulenos und Miskiniai
1934	Wilkomir	Taujenai	2	?	?	?	Durch Verordnung des Landwirtschafts- und des Innenministers wurde die Aussaat von Sommerweizen in den Jahren 1934—35 im Kirchdorf Lenos und in den Dörfern Uzulenis und Miskiniai verboten
	Ponewesch	Raguva	2	?	?	?	
	Ponewesch	Vadokliai	1	?	?	?	
			5	?	?	?	
1935	Wilkomir	Taujenai	7	25	?	10—50	
	Ponewesch	Raguva	20	41	?	0,2—5,0	
	Ponewesch	Vadokliai	15	35	?	0,001—90	
	Ponewesch	Ponewesch	1	1	?	?	
			43	102	?	1—10	
1936	Ponewesch	Troschkunai	17	19	8,5	?	Durch Verordnung des Landwirtschafts- und des Innenministers wurde die Aussaat von Sommerweizen in den Jahren 1936—37 in den Bezirken Taujenai, Raguva und Vadokliai verboten
	Ponewesch	Ponewesch	6	11	9,0	?	
	Ponewesch	Subatschus	1	1	1,0	?	
	Rokischkis	Panemunis	2	5	2,7	?	
			26	36	21,2	?	
1937	Ponewesch	Troschkunai	8	8	2,0	0,001—0,05	
	Ponewesch	Subatschus	3	3	0,8	0,01 —40	
	Ponewesch	Ponewesch	2	3	1,7	0,001—0,01	
	Ponewesch	Vieschintai	1	1	0,4	2	
			14	15	4,9		
1938	Ponewesch	Vieschintai	5	10	2,9	?	Von der Befallsfläche entfallen 2 ha auf einen Bauern im Kreise Ponewesch, die restlichen 5,5 ha auf 18 kleinbäuerliche Betriebe
	Ponewesch	Ponewesch	3	7	3,9	?	
	Ponewesch	Troschkunai	1	1	0,5	?	
	Ponewesch	Ramygala	1	1	0,2	?	
			10	19	7,5	?	
1939	?	?	?	?	?	?	Aus den Jahren 1938—42 liegen aus den Kreisen Ponewesch, Wilkomir und Rokischkis keine Meldungen über Nematodenbefall vor
1940	Wilna	Mickunai	1	1	0,5	50	

Wilkomir) und Raguva und Vadokliai (Kreis Ponewesch) für die Zeitdauer der Jahre 1936 und 1937 verboten.

Im Jahre 1936 wurde das Weizenälchen im Kreise Ponewesch bei 19 Bauern des Bezirkes Troschkunai, 11 Bauern des Bezirkes Ponewesch. 1 Landwirt des Bezirkes Subatschus und in 5 weiteren Fällen im Bezirk Panemunis im Kreise Rokischkis festgestellt. Im darauf folgenden Jahre war der Befall durch das Weizenälchen lediglich auf den Kreis Ponewesch beschränkt, wo in den einzelnen Bezirken insgesamt 16 Befallsherde konstatiert wurden.

In denjenigen Bezirken, in denen die Sommerweizen-Aussaat in den Jahren 1936—37 unter Verbot gestellt worden war, wurde im Jahre 1938 erneut Sommerweizen ausgesät; dieser blieb in allen früheren Befallsgebieten nematodenfrei.

Wie im vorhergehenden Jahre, so wurde auch im Jahre 1938 das Weizenälchen nur noch im Kreise Ponewesch festgestellt. Es handelte sich dabei um 19 Befallsherde, die ausschließlich Kleinbauern betrafen. Die gesamte mit Nematoden verseuchte Sommerweizenanbaufläche machte insgesamt nur die Fläche von 7,5 ha aus.

Die Verseuchung mit Weizenälchen trat immer in der Form von Herden auf. So erklärt es sich, daß innerhalb eines Bezirkes dieser Schädling nur selten auf benachbarten Grundstücken aufgefunden wurde. Die Verbreitung des Weizenälchens wird vielfach dadurch begünstigt, daß die Kleinbauern gemeinschaftlich eine Dreschmaschine benutzen und daß nicht immer eine genügende Reinigung der Dreschmaschine stattfindet, bevor sie an einem anderen Ort zum Einsatz gelangt. Die gleiche Bedeutung kommt auch gemeinschaftlich benutzten Saatreinigungsanlagen zu.

Wie die Verhältnisse sich seit dem Jahre 1938 entwickelt haben, ist nur schwer zu beurteilen, da die Beauftragten des litauischen praktischen Pflanzenschutzdienstes vom Jahre 1939 ab keine Möglichkeit mehr hatten, die Befallsgebiete aufzusuchen. Ich bin jedoch der Meinung, daß das Weizenälchen in den Kreisen Wilkomir, Ponewesch und Rokischkis zwar nicht gänzlich verschwunden ist, jedoch eine so geringfügige Verbreitung aufweist, daß es eine wesentliche Gefahr für den Sommerweizenanbau nicht mehr bedeutet.

Außerhalb dieser drei genannten Kreise ist das Weizenälchen im Verlaufe der Jahre 1930—38 nicht beobachtet worden. Nachdem das Wilnaer Gebiet wieder nach Litauen zurückgekehrt war, wurden dort ebenfalls Weizenälchen festgestellt. Am 10. September 1940 erhielt ich durch den Agronomen K. Grigenas eine Probe von Gichtkörnern, die er während der Bonitierung von Böden bei einem Bauern im Dorfe Kirtimai-Naujakiemis im Bezirke Mickunai im Kreise Wilna gefunden hatte. Nach der Meinung von J. Prüffer sind Weizennematoden im Wilnaer Gebiet bis zum Jahre 1940 nicht beobachtet worden, so daß es sich hier um eine erstmalige Feststellung handelt (2).

Die Verbreitung des Weizenälchens in Litauen im Zeitraum der Jahre 1930—40 ist aus der Abb. 1 und den Angaben in Tabelle 1 ersichtlich.

Interessant ist die Feststellung, daß das Weizenälchen in allen Fällen nur an Sommerweizen Schädigungen hervorgerufen hat. Der Winterweizen war überall gesund, d. h. nicht infiziert. Um diese Frage näher zu untersuchen,

wurden am 13. September 1933 sieben kleine Versuchsparzellen von je 1 qm in Dotnuva mit Winterweizen bestellt. Von diesen Parzellen wurden drei mit Sandboden-Winterweizen der Pflanzenzuchtstation in Dotnuva („D. S. St. Smelynu") die übrigen mit begranntem Winterweizen (D. S. St. Akuotuotieji") gleicher Herkunft besät. Die Aussaatmenge betrug 15 g. Je zwei Parzellen erhielten zusätzlich 0,2 und 0,5 bzw. 1 g Gichtkörner, was gewichtsmäßig etwa 1%, 3% bzw. 7% entspricht. Die Gichtkörner entstammten derselben Ernte der Jahre 1930 und 1933. Die letzte Versuchsparzelle diente als Kontrollparzelle ohne Gichtkörner.

Zwei weitere Parzellen wurden ausschließlich mit Gichtkörnern besät, wobei 2 g für jede Parzelle verwendet wurden. Diese Gichtkörner überwinterten auf diesen Parzellen, die dann am 2. Mai 1934 mit Sommerweizen der Sorte „Ordynatka" bestellt wurden. Der Auflauf des Winterweizens im Jahre 1933 und des Sommerweizens im darauffolgenden Jahre verlief normal. Der Bestand war ausgeglichen und ergab ausschließlich gesunde Körner. Sowohl innerhalb der Winterweizenparzellen wie auch beim Sommerweizen gelang es nicht, ein gichtkrankes Korn aufzufinden. Es kann daraus gefolgert werden, daß die Weizenälchen unter den klimatischen Verhältnissen Litauens nicht zu überwintern vermögen. Das Ergebnis war ganz unabhängig davon, welche Mengen von Gichtkörnern zusätzlich ausgesät wurden, und ob es sich dabei um solche älterer oder jüngerer Herkunft handelte. In allen Fällen war der Weizen völlig gesund.

Eine Aussaat mit ähnlicher Versuchsanstellung wurde in den Jahren 1936/37 wiederholt. In Dotnuva wurde am 7. Oktober 1936 die Winterweizensorte „D. S. St. Akuotuotieji" unter Beimischung von Gichtkörnern ausgesät. Die Beimischung betrug in diesem Falle 5%. Wiederum wurden zwei Versuchsparzellen nur mit Gichtkörnern in einer Menge von 2 g je Quadratmeter besät. Am 23. Mai 1937 wurde auf diese mit Nematoden verseuchten Versuchsparzellen die bodenständige, sehr anfällige Sommerweizensorte „Mazuciai" eingesät. Das Versuchsergebnis entsprach in jeder Beziehung dem Vorjahre. Der Sommerweizen und der Winterweizen waren gesund und zeigten keine Spur von gichtkranken Ähren. Die nochmalige Wiederholung dieses Versuches läßt daher unsere Folgerung als beweiskräftig erscheinen, daß die Weizenälchen unter den Verhältnissen unseres Klimas im Boden nicht überwintern können.

Bereits im Jahre 1935 konnte festgestellt werden, daß nicht alle Sommerweizensorten von Nematoden befallen werden. Die bereits erwähnte begrannte Sommerweizensorte, die von den litauischen Bauern „Mazuciai" (Kleinweizen) genannt wird, hatte in den Befallsgebieten besonders stark unter dem Weizenälchen zu leiden. Im Gegensatz dazu scheint eine andere, ebenfalls begrannte Sommerweizensorte *(Triticum vulgare* var. *erythrospermum* Körn.), die von den hiesigen Bauern „Didziuliai" (Großweizen) genannt wird, und eine weitere bodenständige, unbegrannte Sommerweizensorte *(Triticum vulgare* var. *albidum* Al.) gegen den Befall der Nematoden widerstandsfähig zu sein. Diese Annahme ergibt sich aus der Tatsache, daß innerhalb des Befallsgebietes in Beständen dieser beiden Sommerweizensorten gichtkranke Ähren nicht angetroffen wurden.

Die Frage nach der Resistenz der Sommerweizensorten gegen Nematodenbefall wurde im Jahre 1936 experimentell geprüft. In Raguva (Kreis Ponewesch) und Lenos (Kreis Wilkomir) wurden Versuchsparzellen in dreifacher Wiederholung angelegt. In die Versuche wurden nachstehend genannte Sommerweizensorten einbezogen:

> „Ordynatka", „Janetzki", die einheimische weißkörnige Sorte „Beakuociai" (grannenlose), die Zuchtsorte der Pflanzenzuchtstation in Dotnuva „Grazuciai" und die einheimischen Sorten „Didziuliai" und „Mazuciai".

Die Größe der Versuchsparzellen betrug 2 qm, die Aussaatmenge 40 g, denen 5% Gichtkörner der Ernte 1935 beigemischt wurden. Die Aussaat erfolgte am 7. Mai 1936. In Kontrollparzellen blieben die Sommerweizen aller sechs Versuchssorten ohne Besatz von Gichtkörnern.

Am 22. Juli 1936 habe ich mit dem Agronomen J. Grigas die Versuchsparzellen an beiden Orten untersucht. Unter den geprüften Sorten erwies sich keine als wirklich widerstandsfähig gegen den Befall der Nematoden. Innerhalb der einzelnen Sorten konnten jedoch Unterschiede in der Resistenz festgestellt werden. Die bereits als anfällig bekannte Sommerweizensorte „Mazuciai" war am stärksten befallen. Sie wies den höchsten Prozentsatz infizierter Ähren auf, der im Durchschnitt ca. 45% betrug. Auf den übrigen Versuchsparzellen war der Befall durch das Weizenälchen ungefähr gleich, jedoch wesentlich geringer als bei der genannten Sorte. Er betrug im Mittel nur etwa 5%. Bei allen Versuchssorten konnte man auch Ähren beobachten, in denen sich neben gichtkranken auch gesunde Körner befanden. Dies bedeutet also, daß sich nicht alle Weizenblüten in der Ähre zu Gichtkörnern umformten. Auf den Kontrollparzellen der Versuchssorten waren gichtkranke Ähren nicht zu beobachten. Die zahlenmäßige Auswertung der Versuche in Raguva ist aus der Tabelle 2 ersichtlich. Die Berechnungen wurden von dem Agronomen M. Brasiskis durchgeführt, dem ich an dieser Stelle dafür danken möchte.

Tabelle 2
Resistenz litauischer Sommerweizensorten gegen Nematodenbefall

Sommerweizensorte	Durchschnittliche Zahl der gesunden Ähren in %
Kontrollparzelle	100
Ordynatka	95,9 ± 2,1
Janetzki	95,7 ± 0,6
Beakuociai („Unbegrannter")	94,8 ± 1,4
Grazuciai	94,3 ± 1,5
Didziuliai („Großweizen")	93,8 ± 2,4
Mazuciai („Kleinweizen")	54,6 ± 5,8

Die in der Tabelle 2 berechneten Versuchsergebnisse bestätigen den Befund, der sich bereits auf dem Felde bei oberflächlicher Betrachtung ergab. Die Weizensorte „Mazuciai" hatte am stärksten unter den Nematoden gelitten, während alle anderen Sorten wesentlich weniger in Mitleidenschaft gezogen

waren und zwischen 4,1 und 6,2% gichtkranke Ähren aufwiesen. Es ergibt sich hieraus, daß die Widerstandsfähigkeit gegen den Nematodenbefall dieser Sorten wesentlich größer ist. Unterschiede innerhalb dieser Sorten sind jedoch nicht mit Sicherheit festzustellen, da die zahlenmäßigen Belege innerhalb der Fehlergrenzen schwanken.

Ein ähnlicher Versuch mit vier Sommerweizensorten (Ordynatka, Janetzki, Grazuciai und Mazuciai) wurde im Jahre 1936 in Dotnuva angelegt. Am 28. April wurde der Versuch mit zwei Wiederholungen und am 23. Mai mit einer Wiederholung ausgesät. Als Ergebnis dieses Versuches kann festgestellt werden, daß die einheimische Sorte Mazuciai auf allen Versuchsparzellen zehnfach so stark geschädigt worden war wie die übrigen im Versuch stehenden Sorten. Bei der Durchführung dieser Versuche wurde festgestellt, daß diese so stark der Schädigung unterworfene Weizensorte sehr früh reif wird. Der Anfang des Schossens erfolgte hier am 14. Juni. Im Vergleich dazu schoßte die Sorte Grazuciai am 19. Juni, die beiden anderen Sorten am 23. Juni. Unmittelbar nach dem Schossen bis zum Beginn der Blüte konnte man bereits Gallen (kranke „Fruchtknoten") an Stelle weißer, gesunder Fruchtknoten bemerken. Schon am 19. Juni wurden bei Mazuciai-Sommerweizen die ersten geschlechtsreifen Nematoden beobachtet. Eier wurden zu diesem Zeitpunkt noch nicht gefunden. Die erste Beobachtung hierüber datiert vom 22. Juni. Wie bereits erwähnt wurde, hatten alle im Versuch stehenden Weizensorten am 23. Juni Ähren geschoben. Von diesem Zeitpunkt ab konnte man die Fruchtknoten aller Sommerweizensorten laufend beobachten und Aufzeichnungen über das Auftreten deformierter Fruchtknoten (Gallen) wie auch von geschlechtsreifen Nematoden machen. Einzelne Pflanzen der Sorte „Mazuciai", die vom Weizenälchen befallen waren, hoben sich bereits am 6. Juni deutlich von den gesunden Pflanzen ab, da die gichtkranken Ähren schon damals kürzer und gespreizt waren; die Gichtkörner sind kürzer als die gesunden Körner und außerdem angeschwollen und dunkler gefärbt. Einige dieser Gichtkörner habe ich näher untersucht und gefunden, daß die ersten Älchenlarven (erstes Entwicklungsstadium) am 6. Juli aus den Eiern zu schlüpfen begannen. Am 8. Juli war das Verhältnis von Larven zu Eiern etwa 25 zu 75%. Eine Woche später befand sich der größte Teil der Älchenlarven bereits im zweiten Entwicklungsstadium (bis 1 mm lang). Zur gleichen Zeit konnte man daneben noch junge Larven, d. h. solche des ersten Entwicklungsstadiums (ca. 0,5 mm lang[1]) und sogar Nematodeneier in verschiedenen Entwicklungsphasen, mit Embryo und ohne erkennbaren Embryo in der Mitte beobachten. Aus dieser Tatsache geht hervor, daß das Schlüpfen der jungen Älchenlarven aus den Eiern und ihr Wachstum nicht gleichzeitig erfolgt.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß Weizenpflanzen, die stark von Nematoden befallen waren, immer wesentliche Unterschiede zu den gesunden Pflanzen erkennen ließen. Neben den bereits erwähnten gespreizten und ver-

---

[1]) Genaue Messungen habe ich nicht durchführen können. Am 10. Januar 1943 hat A. Lesinskas von der Pflanzenzuchtstation Dotnuva an 100 Weizenälchenlarven von Gichtkörnern des Jahres 1935 Messungen durchgeführt. Diese Larven waren durchschnittlich 0,71 mm lang (Schwankungsbereich 0,65—0,78 mm).

dickten gichtkranken Weizenähren kann man auch noch wesentlich stärker deformierte Pflanzen beobachten, bei denen die gichtkranken Ähren nicht verdickt, sondern im Gegenteil sehr dünn, hart und dunkel gefärbt waren (Abb. 2a). Derartige Ähren kann man aus größerer Entfernung mit dem Krankheitsbild des Weizenflugbrandes verwechseln. Es hat geradezu den Anschein, als ob hier eine zu große Zahl von Nematoden in die Ähren eingewandert ist, um normale Gichtkörner zu erzeugen. Weiterhin wurden Ähren beobachtet, deren oberer Teil in ähnlicher Weise deformiert war (Abb. 2b); dieses Erscheinungsbild kann man aus größerer Entfernung für eine typische Beschädigung von Blasenfüßen halten. In anderen Fällen waren die Ähren in der Form verunstaltet, daß der Stengel in seinem oberen Teil Krümmungserscheinungen aufwies und dadurch dem Bilde des Roggenstengelbrandes etwas ähnelte (Abb. 2c).



Abb. 2
Stark von Nematoden beschädigte Sommerweizenähren
(Nähere Erläuterungen siehe im Text)

An dieser Stelle seien nun noch einige Bemerkungen zur Biologie des Weizenälchens in Litauen eingefügt. Als ich am 28. Juli 1933 das Befallsgebiet im Kreise Wilkomir (Bezirk Taujenai, Kirchdorf Lenos) besuchte, waren die Gichtkörner noch weich und etwa 70% der infizierten Körner von heller Färbung. Der Unterschied zwischen kranken und gesunden Körnern bestand lediglich darin, daß die Gichtkörner kürzer und geschwollen waren. Die verbleibenden 30% der Körner waren damals schon auffällig dunkler und auf diese Weise leicht von den gesunden zu unterscheiden. Beim Zerdrücken der Gichtkörner fand ich im Innern eine weiche, weißliche, feuchter Watte ähnliche Substanz aus Nematodenlarven, die sich bei Übertragung in Wasser sofort schnell bewegten. Im Herbst oder im Winter ist das auf dem Speicher befindliche Gichtkorn wesentlich kleiner als das gesunde Korn, dunkler in der Färbung und durch eine harte Schale ausgezeichnet. Zu dieser Zeit ist der aus nunmehr starren Nematodenlarven bestehende weißliche Inhalt auch härter geworden; im Wasser bewegen sich die Larven nicht mehr sofort, sondern erst nach einiger Zeit.

Die Weizenälchenlarven erhalten sich im starren Zustande in den Gichtkörnern sehr lange lebend. Im Oktober des Jahres 1933 habe ich Gichtkörner der Ernte 1930 und 1933 zerschnitten und in Wasser gelegt. Die Weizenälchenlarven aus dem Jahre 1933 wurden nach 30 Minuten lebendig und zeigten die ersten Bewegungserscheinungen. Die Älchenlarven aus dem Jahre 1930 ließen erst nach fünf Stunden und auch dann nur zu etwa 20% Bewegungs-

erscheinungen erkennen. Der gleiche Versuch wurde im Dezember wiederholt. Diesmal waren 95% der Älchenlarven des Jahres 1933 nach zwei Stunden lebendig. Für die Larven des Jahres 1933 ergab sich der gleiche Befund wie beim ersten Versuch. Werden die Gichtkörner längere Zeit in Wasser gehalten, so steigert sich der Prozentsatz der Weizenälchenlarven, die Bewegungserscheinungen erkennen lassen. So konnte nach einer Zeitdauer von 17 Tagen festgestellt werden, daß der größte Teil der Weizenälchen aufgelebt war. Aus diesem Versuch ergibt sich die Feststellung, daß Weizenälchen in alten Gichtkörnern nicht sogleich, sondern erst nach längerer Zeitdauer lebendig werden. Daß hierbei eine obere Grenze anzunehmen ist, zeigt uns ein Versuch des Jahres 1942. Im September wurden Gichtkörner der Jahre 1930 und 1933 eingeweicht. Die Larven der älteren Gichtkörner zeigten nach einem Zeitraum von 15 Tagen keinerlei Lebenserscheinungen, während die Larven vom Jahre 1935 bereits nach zwei Tagen zu 60—70% Bewegungserscheinungen erkennen ließen.

Manche Autoren behaupten, daß die Weizenälchen in trockenen Gichtkörnern ihre Lebensfähigkeit bis zu 27 Jahren behalten (3). Daneben ist von anderer Seite geäußert worden, daß die Weizenälchen höchstens 9 Jahre in diesem Zustande verharren können (1). Meine eigenen Untersuchungen und Beobachtungen ergaben eine Bestätigung der letzteren Meinung. Wie ich bereits betont habe, gelang es bei Weizenälchen, die 12 Jahre alt waren (1930—42), nicht, eine Bewegungsmöglichkeit nachzuweisen.

Weiter wurde die Frage untersucht, wie schnell die Weizenälchenlarven Gichtkörner verlassen, die im Herbst in den Ackerboden gelegt sind? Am 12., 19. und 26. September und am 3. und 12. Oktober 1934 wurden insgesamt je 5 Proben von Gichtkörnern der Jahre 1930 und 1933 in einer Anzahl von 25 Stück in 4 cm Tiefe in den Erdboden gebracht. Am 29. November wurden die aus dem Boden genommenen Gichtkörner aller Proben gleichzeitig untersucht (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3

Die Überwinterung des Weizenälchens

Auslage der Gichtkörner	Entnahme aus dem Boden	Im Boden verblieben Tage	Alter der Gichtkörner	Älchenlarven bis 29. Nov. ausgewandert	Älchenlarven bis 29. Nov. in den Körnern verblieben
Am 12. September 1934	Am 29. November 1934	78	930	20	5
Am 12. September 1934	Am 29. November 1934	78	1933	25	—
Am 19. September 1934	Am 29. November 1934	71	1930	14	11
Am 19. September 1934	Am 29. November 1934	71	1933	25	—
Am 26. September 1934	Am 29. November 1934	64	1930	7	18
Am 26. September 1934	Am 29. November 1934	64	1933	22	3
Am 3. Oktober 1934	Am 29. November 1934	57	1930	2	23
Am 3. Oktober 1934	Am 29. November 1934	57	1933	19	6
Am 12. Oktober 1934	Am 29. November 1934	48	1930	—	25
Am 12. Oktober 1934	Am 29. November 1934	48	1933	17	8

Wie wir aus den zahlenmäßigen Ergebnissen der Tabelle ersehen, wanderten die Älchenlarven der Gichtkörner des Jahres 1933, die noch nicht so alt waren, bereits im Herbst aus, wenn sie bis zum 19. September in den Boden gelangt waren. Aus den älteren Gichtkörnern des Jahres 1930 wanderten die Älchenlarven in gleicher Weise aus, wenn diese zu Beginn des Monats September in den Boden gelangt waren. Es konnte festgestellt werden, daß je älter die Gichtkörner waren und je später die Aussaat des Weizens erfolgte, desto größer die Zahl der Larven war, die in den Gichtkörnern zur Überwinterung verblieb. Das bedeutet, daß unter normalen Verhältnissen bei Verwendung von Saatgut der diesjährigen oder der vorjährigen Ernte und bei normalen Aussaatterminen die Älchenlarven aus den Gichtkörnern auswandern. So erklärt es sich auch, daß die litauischen Winterweizen nicht befallen werden, da die ausgewanderten und nun nicht mehr von der Kornschale geschützten Weizenälchenlarven unter den litauischen Klimaverhältnissen den Winter nicht überdauern.

Auf den Kornspeichern, wo die Gichtkörner trocken lagern und sogar im Erdboden, wenn die Gichtkörner spät gesät werden und demzufolge die Weizenälchen vor Beginn des Winters nicht aus den Körnern auswandern, gehen die Älchen auch in Litauen nicht zugrunde. Am 3. Oktober 1933 wurden je 25 mit Erde vermischte Gichtkörner der Ernte 1930 und 1933 in Glasgefäße gelegt. Diese Gefäße wurden mit Watte verstopft und 4 cm tief in die Erde eingegraben. Am 11. April 1934 wurden diese Gefäße aus der Erde herausgenommen. Es zeigte sich, daß die Gichtkörner weich und etwas angeschwollen waren, daß andererseits aber die Schale noch gesund, d. h. nicht gesprungen war, und sich somit alle Weizenälchenlarven noch im Gichtkorn befanden. Beim Zerschneiden der Körner und nach Einlegen in Wassertropfen fing ein Teil der Älchenlarven sofort an, sich zu bewegen, bei der Herkunft des Jahres 1933 etwa 20%, bei derjenigen des Jahres 1930 etwa 5%. Die übrigen Älchenlarven waren starr. Damit dürfte eindeutig der Beweis erbracht sein, daß die Weizenälchen, die im Boden im unverletzten Korn verbleiben, die litauischen Winter zu überdauern vermögen.

Am 26. Juli 1935 wurde eine gichtkranke Ähre, die der Pflanzenschutzstation in Dotnuva zugesandt worden war, untersucht und festgestellt, daß 75% der Weizenälchenlarven noch im Ei-Stadium und nur 25% bereits im Larvenstadium waren. Die Nematodeneier befanden sich in verschiedenen Entwicklungsstadien; in einzelnen konnte man bereits einen zusammengerollten Embryo feststellen. In einem Ei konnte man deutlich Bewegungen des Embryos beobachten.

Außer Eiern und bereits ausgeschlüpften Larven kann man leicht in jedem Gichtkorn auch geschlechtsreife Individuen finden. Es hat den Anschein, als ob die Zahl der Männchen die der Weibchen überwiegt. So wurden z. B. in einem Gichtkorn 10 Männchen und nur 6 Weibchen gefunden. In einem anderen Falle betrug das Verhältnis 7 bzw. 4. Die Männchen, die kleiner sind und etwa 2 mm Länge erreichen, waren damals fast alle lebendig und ließen Bewegungserscheinungen erkennen, während die größeren, etwa 4 mm langen Weibchen flach gedrückt waren und sich nicht bewegten.

Die Anzahl der Eier und der ausgeschlüpften Larven dürfte in jedem Gichtkorn sehr groß sein, es gelang jedoch nicht, genauere zahlenmäßige Unterlagen zu gewinnen. Viele Autoren behaupten, daß die Anzahl der Larven in einem Gichtkorn bis zu 15000 betragen kann. Mikroskopische Messungen der Eier haben gezeigt, daß sie ungefähr 125 μ lang und 45 μ breit sind. Die Eier sind in der Mitte etwas platt gedrückt, an den Seiten etwas verdickt.

Zusammenfassung

1. Schädigungen durch Weizenälchen sind in Litauen bisher nur an Sommerweizen festgestellt worden. Die Infektion von Winterweizen mit Nematoden mißlang auch im Versuch vollständig.
2. Die einheimische begrannte Sommerweizensorte „Mazuciai“ leidet unter dem Nematodenbefall etwa 10 mal so stark wie die anderen bisher geprüften Sommerweizensorten. Es gelang bisher nicht, eine Sommerweizensorte zu finden, die sich als resistent erwiesen hätte (s. Tabelle 3).
5. Die bisherigen Erfahrungen lehren, daß in Befallsgebieten ein Sommerweizenanbauverbot notwendig ist. Da das Weizenälchen unter den litauischen Verhältnissen im Freien nicht überwintern kann, ist ein einjähriges Sommerweizenanbauverbot in Befallsgebieten durchaus ausreichend.
4. Der Nematodenbefall zeigt sich besonders stark bei Kleinbauern-Besitz, der bisher noch keine regelmäßige Saatgutreinigung durchführt. So wurde im Jahre 1936 das Weizenälchen in 36 Kleinwirtschaften auf einer Gesamtfläche von 21,2 ha gefunden. Dies bedeutet, daß bei jedem Bauern im Durchschnitt weniger als 1 ha Sommerweizen befallen war.

Schrifttum

1 FILIPJEW, I. N. Nematody. Moskau, 1934, S. 199.
2 PRÜFFER, J. W walce z wegorkiem pszenicznym. Prawda Wilenska, 1931, Nr. 42.
3 ROSTRUP, S. und THOMSEN, M. Die tierischen Schädlinge des Ackerbaues. Berlin, 1931, S. 24.
4 RUSZKOWSKI, J. W. Wyniki badan nad skodliwa fauna Polski na podstawie materjalow z lat 1919/30. Warschau, 1933, S. 9.
5 Augalu Apsaugos stoties 1927—32 m. Darbu Apyskaita. Kauen, 1939, S. 67.
6 Augalu Apsaugos stoties 1933 m. Darbu Apyskaita. Kauen, 1933, S. 35—37.
7 Augalu Apsaugos stoties 1934 m. Darbu Apyskaita. Kauen, 1934, S. 3—8.
8 Augalu Apsaugos stoties 1935 m. Darbu Apyskaita. Kauen, 1935, S. 29—31.
9 Vyriausybes Zinios Nr. 440, § 3036.

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten der Landwirtschaftlichen Forschungsanstalt für die Generalbezirke Estland, Lettland und Litauen
Leiter: Regierungsrat Dr. M. Klinkowski

Beitrag zur Verbreitung, wirtschaftlichen Bedeutung und zur Frage der Überwinterung von *Cronartium ribicola* Dietrich in Litauen

Von

A. Minkevicius, Wilna

Zu den wirtswechselnden Rostarten, die in ihren verschiedenen Entwicklungsstadien eine unterschiedliche Verbreitung aufweisen, gehört in Litauen u. a. der Weymouthskiefernblasenrost, *Cronartium ribicola.* Mehrjährige Beobachtungen haben ergeben, daß dieser Pilz im Uredo- und Teleutosporenstadium in Litauen auf *Ribesarten* — und zwar insbesondere auf *Ribes nigrum* — in jedem Jahr und überall häufig zu finden ist. Die Äcidienstadien kommen dagegen nur vereinzelt vor, da die Wirtspflanze dieses Stadiums, die Weymouthskiefer, zu den verhältnismäßig selten vorkommenden Bäumen des Landes gehört. Diese Tatsachen haben zu den folgenden Untersuchungen Anlaß gegeben, die zur Klärung der nachstehend genannten Fragen beitragen sollten:

1. Eine möglichst genaue Feststellung der Verbreitung des Äcidienstadiums von *Cronartium ribicola* in Litauen;
2. Einfluß der Äcidien von *Cronartium ribicola* auf den Rostbefall benachbarter *Ribes*sträucher;
3. Die Möglichkeit der Überwinterung des Pilzes ohne seinen Zwischenwirt, die Weymouthskiefer;
4. Die Verbreitung des Uredo- bzw. Teleutostadiums des Pilzes.

Die Untersuchungen über die Verbreitung des Äcidienstadiums von *Cronartium ribicola* in Litauen begannen zunächst mit der möglichst vollständigen Sammlung der Fundorte der Weymouthskiefer. Die Weymouthskiefer ist in Litauen die einzige, Äcidien von *Cronartium ribicola* tragende Kiefernart. Die anderen fünfnadligen Kiefern fehlen in Litauen überhaupt; *Pinus Cembra*, die in manchen Parkanlagen vorkommt, ist gegen den Blasenrost äußerst widerstandsfähig. Die Weymouthskiefer ist in Litauen schon seit Jahrzehnten als Zierbaum in größeren Parkanlagen angepflanzt worden. Vereinzelt ist sie an manchen Orten in den Wäldern selbst in kleinen Beständen zu finden, wobei es sich vermutlich um Anpflanzungen für Versuchszwecke handelt. In neuerer Zeit haben manche Baumschulen begonnen, diese Kiefernart zum Zwecke des Ver-

Bei der vorstehenden Arbeit handelt es sich um die 7. Mitteilung der von Regierungsrat Dozent Dr. M. Klinkowski herausgegebenen Aufsatzreihe „Pflanzenpathologie im Ostland".

kaufes zu kultivieren. An alle Fundorte, die mir bekannt geworden sind, wurden von dem phytopathologischen Laboratorium am botanischen Garten in Kauen Fragebogen versandt, die mir Aufschluß über den Gesundheitszustand dieser Kiefern vermitteln sollten. Eine Reihe von Fundorten habe ich auch selbst aufsuchen können. Auf diese Weise habe ich ein ziemlich genaues Bild über die Äcidienverbreitung zusammenstellen können. Ich bin dabei zu folgendem Ergebnis gelangt:

Bekanntgewordene Fundorte der Weymouthskiefer (gesamt) . .	34
Anzahl der Standorte mit Äcidienbesatz	11
Zahl der Standorte mit gesunden Weymouthskiefern	17
Zahl der nicht genauer nachgeprüften Standorte	6

Wir können aus der vorstehenden Übersicht mit Sicherheit entnehmen, daß wenigstens ein Drittel sämtlicher Standorte der Weymouthskiefer durch den Blasenrost verseucht ist. An manchen Stellen wurde ein sehr starker Grad der Verseuchung festgestellt, was erneut die sehr geringe Widerstandsfähigkeit der Weymouthskiefer gegen den Blasenrost beweist.

Die vorstehend angeführten Zahlen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es liegt durchaus im Bereich der Möglichkeit, daß bei einer eingehenden Nachprüfung die Anzahl der Weymouthskiefernstandorte und damit auch die Zahl der Äcidienfundorte des Blasenrostes in Litauen sich vielleicht noch um die zwei- oder dreifache Zahl erhöhen kann. Aber selbst unter dieser Voraussetzung kann den Äcidien für eine ausschließlich direkte Infektion der Johannisbeeren im Lande keine entscheidende Rolle zugedacht werden. Wenn wir trotzdem alljährlich einen starken Rostbefall an den Johannisbeersträuchern beobachten können, so sind wir zu der Annahme gezwungen, daß die Krankheit nicht allein und direkt von den erkrankten Weymouthskiefern, sondern noch von anderen Herden aus sich verbreiten muß. Auf diese Frage werden wir später noch zu sprechen kommen.

Wenn wir uns jetzt der Frage zuwenden, wie sich eine unmittelbare Nachbarschaft der durch den Blasenrost verseuchten Weymouthskiefern auf den Rostbefall der *Ribes*arten auswirkt, so wurde die Tatsache, daß unmittelbar durch Äcidiensporen von der Weymouthskiefer infizierte Johannisbeersträucher früher Rostbefall erkennen lassen (meistens im Mai oder Juni) als die entfernt von diesen Bäumen wachsenden Sträucher, schon von Eriksson und vielen anderen Autoren festgestellt. Es blieb mir daher nur die Aufgabe, diese Tatsache nachzuprüfen und genauere Daten zu erarbeiten. Ich konnte zu diesem Zweck im botanischen Garten in Kauen im Jahre 1934 einen jungen Weymouthskiefernbestand beobachten, der mit Äcidien des Blasenrostes besetzt war.

Im Frühjahr 1935 habe ich zwischen die erkrankten Weymouthskiefern 10 Sträucher von *Ribes nigrum* der Sorte „Schwarze Langtraubige"

gepflanzt. Zu Vergleichszwecken wurde die gleiche Zahl von Sträuchern derselben Sorte und des gleichen Alters in einer Entfernung von zirka 1 km von dem Weymouthskiefernbestande gepflanzt. Diese Sträucher waren außerdem noch durch Gebäude, Baumgruppen und Bodenreliefunterschiede von den Weymouthskiefern getrennt. Diese Lageverhältnisse ließen vermuten, daß eine direkte Ansteckung dieser Sträucher durch die Äcidien der Weymouthskiefer unmöglich ist.

Im Laufe des Sommers wurde die Entwicklung des Pilzes an beiden Standorten laufend beobachtet. Mit dem Beginn des Stäubens der Äcidiosporen auf den Weymouthskiefern wurde alle drei Tage eine Kontrolle durchgeführt. Die Beobachtungen sind in den Jahren 1935 bis 1938 fortgesetzt worden, dauerten also insgesamt vier Jahre. Außerdem wurden neben den von mir gepflanzten Sträuchern auch die sonst noch vorhandenen Sträucher der Gattung *Ribes* beobachtet, die schon früher im botanischen Garten vorhanden gewesen waren und sich etwa in einer Entfernung von $^1/_2$ km von den Weymouthskiefern befanden. Die wichtigsten Ergebnisse dieser vierjährigen Beobachtungen sind in der Tabelle 1 zusammengefaßt.

Tabelle 1

Jahr	Zeit des ersten Auftretens der Äcidien	Beginn des Verstäubens der Äcidiosporen	Ausbruch der ersten Uredolager			Beginn des starken Rostbefalles [1])		
			Auf Johannisbeeren im Weymouthskiefernbestande	Auf Johannisbeeren in 1 km Entfernung	Auf anderen beobachteten Johannisbeeren	Auf Johannisbeeren im Weymouthskiefernbestande	Auf Johannisbeeren in 1 km Entfernung	Auf anderen beobachteten Johannisbeeren
1935	12. April	30. April	3. Juni	27 Juli	2. Juli	20. Juni	26. Sept.	—
1936	9. April	23. April	15. Mai	8. Juni	5. Juni	22. Mai	19. Juli	4. Juli
1937	13. April	21 April	13 Mai	3. Juni	7. Juni	25. Mai	7. Juli	21. Juli
1938	31. März	18. April	31. Mai	28. Juli	7. Juli	17. Juni	kein stark. Rostbefall	2. Aug.

Aus der Tabelle kann man entnehmen, daß die Uredosporen auf den Johannisbeersträuchern nicht in jedem Jahr zur gleichen Zeit in Erscheinung treten. Dies erklärt sich aus den unterschiedlichen Witterungsverhältnissen, wie sich durch Vergleich mit den meteorologischen Daten feststellen läßt. Unabhängig davon und völlig gesichert bleibt jedoch die Tatsache, daß in unmittelbarer Nachbarschaft der Weymouthskiefern die Uredosporen um 3—6 Wochen früher auftreten als auf den entfernter befindlichen Sträuchern.

[1]) Bei sehr starkem Rostbefall sind mindestens 50 % aller Sträucher einer Sorte rostbefallen, wobei die Anzahl der rostbefallenen Blätter mindestens auf einem dieser Sträucher den gleichen Prozentsatz erreichen muß.

Nach der primären Infektion durch die Acidiosporen kommt es zu sekundären Uredosporeninfektionen. Als Folge hiervon tritt früher oder später ein sehr starker Rostbefall der Sträucher auf. Die Beobachtungen über den Beginn dieses sehr starken Rostbefalles ließen den Unterschied zwischen den beiden Versuchsreihen noch deutlicher in Erscheinung treten, wie aus der Tabelle 1 zu ersehen ist. Der sehr starke Rostbefall der zwischen den Weymouthskiefern wachsenden Sträucher beginnt wenigstens 6 Wochen früher.

Es muß noch hervorgehoben werden, daß der Unterschied zwischen den beiden Versuchsreihen nicht allein im zeitlichen Ablauf des Rostbefalles besteht. Diejenigen Johannisbeeren, die innerhalb des Weymouthskiefernbestandes wuchsen, sind in allen vier Jahren stärker vom Rost befallen gewesen, als die anderen weiter entfernt wachsenden Sträucher. Diese Tatsache kann aus der Tabelle 2 ersehen werden.

Tabelle 2

Stärke des Rostbefalles der Schwarzen Johannisbeere

Jahr	Im Weymouthskiefern-bestande				Auf Johannisbeeren in 1 km Entfernung				Auf anderen beobachteten Johannisbeersträuchern			
	%-Satz rostbefallene Blätter der einzelnen Sträucher											
	0	1—30	31—70	71—100	0	1—30	31—70	71—100	0	1—30	31—70	71—100
	Zahl der Sträucher				Zahl der Sträucher				Zahl der Sträucher			
1935	—	—	—	10	2	4	3	1	nicht kontrolliert			
1936	—	—	—	10	—	1	1	8	—	1	2	13
1937	—	—	—	10	—	5	1	4	—	10	6	2
1938	—	—	—	10	9	1	—	—	—	11	6	4

Als schließliche Folge des frühzeitig beginnenden und hochgradig verlaufenden Rostbefalls zeigten sämtliche 10 Johannisbeersträucher innerhalb des Weymouthskiefernbestandes nach Ablauf der vier Versuchsjahre fast keinen Zuwuchs an neuen Trieben; die Pflanzen verkümmerten und starben teilweise ab. Im Gegensatz dazu entwickelten sich die anderen Sträucher durchaus normal. Im Anschluß an die Versuche mit *Ribes nigrum* wurde im Jahre 1936 *Ribes rubrum* (Rote Kirsche) und *Ribes Grossularia* (amerikanische Gebirgsstachelbeere) ebenfalls in den Kreis der Untersuchungen einbezogen. Auch hier wurden je 10 Sträucher zwischen die Weymouthskiefern gepflanzt und die gleiche Anzahl von Sträuchern in einem Abstand von $^1/_2$ km. Die Ergebnisse waren kurz zusammengefaßt folgende: *Ribes rubrum*, die für Blasenrost sehr viel weniger anfällig ist als *Ribes nigrum*, wurde innerhalb des Weymouthskiefernbestandes gleich-

41*

zeitig mit *Ribes nigrum* befallen, litt aber weniger unter dem Rostbefall als letztere Art. Die entfernter gepflanzten Sträucher blieben dagegen lange Zeit rostfrei und erst im September fand ich auf den 10 Sträuchern ingesamt drei mit vereinzelten Uredo- und Teleutosporenpusteln besetzte Blätter.

Stachelbeeren sind gegen *Cronartium*-Rost sehr widerstandsfähig, und nur sehr selten findet man auf diesen Pflanzen den Pilz. Ich erwähne dies, weil die in unmittelbarer Nachbarschaft der kranken Weymouthskiefern befindlichen Stachelbeeren ebenfalls durch diesen Rost befallen wurden. Im Spätsommer betrug der Prozentsatz der rostbefallenen Blätter auf den einzelnen Sträuchern zwischen 2 und 70 %. Die entfernter befindlichen Sträucher blieben bis zum Herbst rostfrei.

Aus diesen Versuchen geht mit Deutlichkeit hervor, daß eine unmittelbare Nachbarschaft verseuchter Weymouthskiefern einen frühzeitigen Rostbefall durch *Cronartium ribicola* bei der Johannisbeere und zum Teil auch bei der Stachelbeere verursacht. Wenn dieser Pilz trotz seiner Verbreitung im Lande noch keine größeren Schäden verursacht, so verdanken wir dies dem Umstande, daß die Äcidien tragende Wirtspflanze dieses Pilzes, die Weymouthskiefer, nur wenig verbreitet ist und daß der größte Teil der Johannisbeersträucher nicht unmittelbar von den Weymouthskiefern angesteckt wird.

Die Frage, woher und in welcher Weise sich der Johannisbeerrost im Laufe einer Wachstumsperiode verbreitet, insbesondere, ob die Ausgangsherde der Infektion nur die Äcidien auf *Pinus Strobus* sind oder ob es daneben auch noch andere Infektionsherde gibt, von denen aus sich der Pilz verbreiten kann, ist aufs engste mit der Frage nach den Überwinterungsmöglichkeiten dieses Pilzes verbunden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Blasenrost in der Form der Teleutosporen überwintern kann. In diesem Fall ist für die weitere Entwicklung des Pilzes ein Zwischenwirt, also *Pinus Strobus* oder eine andere fünfnadlige Kiefer, unentbehrlich. Da derartige Zwischenwirte, wie ich bereits eingangs ausführte, in Litauen nur an wenigen Orten bekannt sind, war es zweifelhaft, ob tatsächlich diese wenigen Infektionsherde, an denen sich Äcidien entwickeln können, für die weitere Verbreitung des Pilzes im ganzen Lande ausreichen. Ich habe daher eine Reihe von Versuchen und Beobachtungen durchgeführt mit dem Ziel, festzustellen, ob der Pilz noch in irgendeiner anderen Form überwintern kann.

Für die Überwinterung kommen außer den Teleutosporen noch die Uredosporen und das Uredo-Myzel in Betracht. Die Überwinterung des Pilzes durch Uredosporen wäre möglich, wenn diese Sporen längere Zeit keimfähig bleiben können. Über die zeitliche Spanne, innerhalb derer die Uredosporen von *Cronartium ribicola* noch keimfähig bleiben können, sind

einige Anhaltspunkte aus der Literatur zu entnehmen. Spaulding und Gravatt (1925) haben gefunden, daß die Uredosporen, die im Freien, vor direktem Sonnenlicht geschützt, verblieben, nicht länger als 50 Tage ihre Keimfähigkeit bewahrten. Duff (1918) versuchte erfolgreich, durch künstlich geschaffene besondere Bedingungen die Keimfähigkeit der Uredosporen des Blasenrostpilzes zu verlängern; jedoch blieben auch hier die Sporen nicht länger als 6 Monate keimfähig.

Zur Nachprüfung der Frage, wie lange unter den klimatischen Bedingungen Litauens die Uredosporen dieses Pilzes ihre Keimfähigkeit behalten können, wurde folgender Versuch durchgeführt: Am 17. Juli wurden frische Johannisbeerblätter, die mit Uredosporen besetzt waren, gesammelt und in zwei Teile geteilt. Der eine Teil verblieb im Laboratorium, der andere wurde ins Freie gebracht und dort durch ein Dach vor Regen und Sonnenschein geschützt. Von Zeit zu Zeit wurden von beiden Teilen Uredosporenproben entnommen und gesunde, frische Johannisbeersträucher mit ihnen beimpft. Die ersten Infektionsversuche ergaben eine reichliche Uredosporenbildung, die später durchgeführten Infektionen wurden immer schwächer und schwächer. Bereits nach Ablauf eines Monates konnte ich mit den im Laboratorium aufbewahrten Uredosporen keinen Infektionserfolg mehr erzielen. Die im Freien gehaltenen Sporen waren dagegen zu diesem Zeitpunkt noch infektionsfähig. Erst am 23. September, d. h. nach 68 Tagen, war der Infektionserfolg so gering, daß am ganzen Strauch nur noch einige kleine Infektionsherde aufgefunden werden konnten.

Dieser orientierende Versuch beweist in Übereinstimmung mit den Angaben aus der Literatur, daß die Uredosporen von *Cronartium ribicola* unter natürlichen Verhältnissen ihre Keimfähigkeit nicht länger als drei Monate bewahren. Unter den klimatischen Verhältnissen Litauens beträgt die Zeitspanne von der letzten Uredosporenbildung im Herbst bis zur Entwicklung der neuen Johannisbeerblätter im Frühjahr also etwa 6—7 Monate. Wir müssen deshalb die Möglichkeit der Überwinterung dieses Pilzes im Uredosporenstadium unter den Verhältnissen Litauens verneinen.

Von anderen Beispielen her wissen wir, daß viele Uredineen in Myzelform in Zweigen oder Knospen ihrer Wirtspflanzen überwintern können. Über die Frage, ob dies auch bei *Cronartium ribicola* der Fall sein kann, gehen die Meinungen der älteren Autoren auseinander. Eriksson (1922) beantwortet diese Frage in bejahendem Sinne. Klebahn (1904, 1924) konnte dagegen bei seinen Beobachtungen und in seinen Versuchen die Überwinterung dieses Pilzes im Myzelstadium nicht unter Beweis stellen. Meine eigenen Untersuchungen ergaben eine Bestätigung der Befunde von Klebahn. Im Falle der Überwinterung des Pilzes im Myzelstadium müßte man außerdem einen plötzlichen und massenhaften

Ausbruch der ersten Uredosporengeneration im nachfolgenden Jahre erwarten. Das Auftreten der Uredosporen müßte weiterhin auf den Sträuchern am stärksten in Erscheinung treten, die im vergangenen Jahre besonders stark vom Rost befallen waren und umgekehrt. Die Beobachtungen geben jedoch keine Bestätigung dieser Annahmen Es ist mir niemals gelungen, an den natürlichen Standorten einen plötzlichen und massenhaften Ausbruch der Uredosporen zu solchen Zeiten festzustellen, in denen die primären Uredosporen zu erscheinen pflegen. Unsere vierjährigen Beobachtungen der im Versuch stehenden Johannisbeersträucher ergaben wohl Befallsunterschiede zwischen den einzelnen Sträuchern, aber keine direkte Beziehung zu der Stärke des Rostbefalles im darauffolgenden Jahre. Dies ist aus der Tabelle 3 zu erkennen. Meines Erachtens beweist dies, daß der Rostbefall einen zufälligen Charakter trägt, und daß die Stärke des Rostbefalles von der jeweiligen Häufigkeit bzw. Zufälligkeit der Infektion abhängig ist und nicht von einem in den Zweigen oder Knospen überwinterten Myzel bestimmt sein kann.

Tabelle 3

Sträucher Nummer	Prozentsatz der rostbefallenen Blätter auf Johannisbeeren in 1 km Entfernung vom nächsten Weymouthskiefernbestande gegen Ende der Wachstumsperiode			
	1935	1936	1937	1938
1	50	10	95	0
2	1	50	95	0
3	0	90	80	0
4	Vereinzelte, ganz wenig befallene Blätter	90	25	0
5		100	15	0
6		95	1	0
7		95	20	0
8		100	40	0
9		100	5	10
10	0	100	100	0

Alle vorstehend erwähnten Tatsachen lassen vermuten, daß **weder die Uredosporen noch das Myzel eine praktische Bedeutung für die Überwinterung des Blasenrostes haben können.** Das gilt zumindest für die klimatischen Verhältnisse Litauens. Es verbleibt also als einzige Überwinterungsmöglichkeit dieses Pilzes diejenige in der Form des Teleutosporen und die erneute Ansteckung der Johannisbeeren durch die Äcidiosporen von den Weymouthskiefern.

Die Äcidiosporenbildung ist in Litauen infolge der Seltenheit der Weymouthskiefer sehr beschränkt. Die Beantwortung der Frage, wie von so wenigen Herden eine Ausbreitung des Pilzes im ganzen Lande zustande kommen kann, begegnet jedoch keinen großen Schwierigkeiten. Die Äcidiosporen von *Cronartium ribicola* können nach Spaulding (1922) Johannisbeeren in einer Entfernung von etwa 12 km anstecken.

Pennington (1924, 1925) hat den Nachweis geführt, daß diese Sporen durch den Wind sogar bis in Entfernungen von 240—300 km verbreitet werden können. Außerdem aber und vor allem besitzt *Cronartium ribicola*, wie viele andere Rostpilze, in den Uredosporen ein gutes Verbreitungsmittel. Diese entstehen in mehreren Generationen, wobei jedesmal eine um das Vielfache größere Sporenmenge gebildet wird. Versuche, die ich in den Jahren 1937 und 1938 anstellte, ergaben, daß die Inkubationszeit der Uredosporen im Laboratorium 10—12, im Freiland 12—14 Tage beansprucht. Das bedeutet, daß im Laufe einer Vegetationsperiode selbst unter für den Pilz ungünstigen Witterungsverhältnissen mehrere Uredosporengenerationen entstehen können. Mit jeder neuen Uredosporengeneration steigt jedoch nicht nur die Sporenmenge in geometrischer Progression, sondern der Pilz verbreitet sich von den primären Infektionsherden nach den verschiedensten Richtungen weiter. Der größte Teil der Sporenmassen verbleibt natürlich in der nächsten Umgebung seiner ursprünglichen Wirtspflanze, einzelne Sporen aber können durch den Wind beträchtliche Entfernungen zurücklegen und so neue Ansteckungsherde bilden.

So ist es verständlich, daß die Krankheit von einzelnen, zunächst harmlosen, Uredosporenpusteln zu Beginn des Sommers ihren Ausgang nimmt, und daß dann gegen die Mitte des Sommers bzw. Spätsommers sich ein massenhafter Befall der Johannisbeeren einstellt.

Die vorstehend geschilderten Versuchsergebnisse und die daran geknüpften Erwägungen führen zu der Schlußfolgerung, daß für den Rostbefall der Johannisbeeren allein die Weymouthskiefer, der Zwischenwirt, verantwortlich zu machen ist.

Das einzig wirksame Mittel, um einem Rostbefall auf den Johannisbeeren vorzubeugen, besteht demnach in einem Verzicht auf die Kultur der Weymouthskiefer. Gegen eine Vermehrung der Weymouthskiefer spricht nicht nur die Tatsache, daß damit die Johannisbeeren einer ernsten Bedrohung ausgesetzt sind, sondern auch die Feststellung, daß ein großer Prozentsatz der Weymouthskiefern dem Blasenrost selbst zum Opfer fällt. Im Kauener botanischen Garten sind im Jahre 1937 71 junge Weymouthskiefern gepflanzt worden. Sieben Jahre später waren 17 von ihnen durch *Cronartium ribicola* abgetötet worden, 37 Bäume waren zum Teil sehr stark durch den Rost in Mitleidenschaft gezogen, und nur 7 Bäume waren wirklich gesund. Die übrigen 10 Bäume starben aus unbekannten Gründen ab.

Dies soll jedoch nicht bedeuten, daß dieser schöne und wertvolle Baum in diesem oder jenem Lande oder schließlich sogar in ganz Europa ausgerottet werden soll. Ich sehe keine Hindernisse, die Weymouthskiefer außer in Städten und Parkanlagen auch in unseren Wäldern heimisch zu machen, wenn es nur gelingt, rostwiderstandsfähige Rassen dieses Baumes

zu züchten. Solange dies nicht der Fall ist, müssen wir uns allerdings auf die Anpflanzung der Weymouthskiefern für Versuchszwecke beschränken und ihre allgemeine Verbreitung verhindern.

Schrifttum

1 Duff, G. H. Some factors affecting vitability of the urediniospores of *Cronartium ribicola*. Phytopath., **8**, 289—291, 1918.

2 Eriksson, J. The connection between *Peridermium Strobi* Kleb. and *Cronartium ribicola* Dietr. Is obligate or not? Ark. bot., **18**, 1922.

3 Eriksson, J. Die Pilzkrankheiten der Garten- und Parkgewächse. Stuttgart 1928.

4 Klebahn, H. Die wirtswechselnden Rostpilze Berlin 1904.

5 Klebahn, H. Kulturversuche mit Rostpilzen. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, **34**, 289—303, 1924.

6 Klebahn, H. Offene Fragen und neue Beobachtungen über die pflanzenbewohnenden Blasenroste der Kiefern. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, **48**, 1938.

7 Minkevicius, A. Veimutrudės, *Cronartium ribicola* Dietrich, issiplatinimo Lietuvoje, jos zalingumo ir jos ziemojimo klausimu. Scr. horti bot. Univ. Vytauti Magni, **6**, 95—133, 1939.

8 Pennington, H. L. Wind dissemination of aecidiospores of *Cronartium ribicola*. Phytopath., **14**, 52—53, 1924.

9 Pennington, H. L. Relation of weather conditions to the spread of white pine blister rust in the Pacific Northwest. Journ. agric. research, **30**, 1925.

10 Spaulding, P. Investigations of the white-pine blister rust. U. S. Dep., Bull. 957, 1922.

11 Spaulding, P. and Ruthbuhn-Grawatt. Longevity of the teliospores and accompanying uredospores of *Cronartium ribicola*. Journ. agric. Research, **31**, 1925

Aus dem Institut für Pflanzenkrankheiten
der Versuchs- und Forschungsanstalt für Wein- und Gartenbau
Geisenheim am Rhein
Vorstand: Prof. Dr. F. STELLWAAG

Über das Vorkommen einer Bormangelkrankheit der Äpfel in Deutschland [1])

Von WILLI MAIER

Mit 13 Abbildungen

Nachdem durch die Untersuchungen von BRANDENBURG (1931 und 1932) über die Ursache der Herz- und Trockenfäule der Futter- und Zuckerrüben erwiesen war, daß mit dem Vorkommen von Bormangelkrankheiten bei den Kulturpflanzen zu rechnen ist, konnten in den verschiedenen Teilen der Erde bestimmte, nichtparasitäre Krankheiten auf die ungenügende Versorgung der Pflanzen mit dem lebenswichtigen Bor zurückgeführt werden. In Deutschland waren außer der oben genannten Krankheit der *Beta*-Rüben noch die Glasigkeit der Steckrübe (BRANDENBURG, 1937) und neuerdings die Herz- und Knollenbräune des Sellerie (MAIER, 1943) als Bormangelkrankheit erkannt worden.

In Neuseeland, Kanada, Britisch-Kolumbien, Finnland und anderen Ländern war es durch die Untersuchungen verschiedener Autoren (ASKEW, 1935, ATKINSON, 1935, ASKEW und Mitarbeiter, 1936, YOUNG and BAILEY, 1936, MCLARTY, 1936, u. a.) möglich geworden, das Auftreten bestimmter Apfelkrankheiten, die als "internal cork", "corky pit", "corky-core", "drought-spot" bezeichnet werden, durch Zufuhr von Borverbindungen durch Wurzel oder Sproß zu verhindern. Ich habe hierüber in einer früheren Arbeit (MAIER, 1941) unter ausführlicher Literaturangabe berichtet und darf mir deshalb hier eine Wiederholung ersparen. Einige der für bormangelkranke Äpfel beschriebenen Symptome ließen vielfach die Vermutung aufkommen, daß die bei uns häufige, zum Teil ähnliche Symptome aufweisende Stippigkeit eine Bormangelkrankheit sei. Untersuchungen von BRANDENBURG (1939) und eigene umfangreiche Versuche (MAIER, 1941 und 1942) haben jedoch gezeigt, daß die Stippfleckenkrankheit nicht durch Bormangel hervorgerufen wird. Nachdem im Jahre 1938 die eigenen Stippenversuche abgeschlossen waren, erhielt ich im Sommer 1940 kranke Äpfel zur Beurteilung, die weit mehr als stippige Früchte eine Übereinstimmung der Symptome mit den an "internal cork" erkrankten Äpfeln hatten. Die Früchte waren klein, verbeult und im Innern braunfleckig. In den

[1]) Mit Unterstützung des Reichsforschungsrates, Fachsparte „Landbauwissenschaft und allgemeine Biologie", R. A. G. IV, 13 d.

oben zitierten Arbeiten habe ich die Krankheit eingehender beschrieben und den Verdacht ausgesprochen, daß hiermit wahrscheinlich zum erstenmal in Deutschland eine Bormangelkrankheit der Äpfel als solche erkannt wird. Die damals in Aussicht gestellten und seither durchgeführten Untersuchungen erbrachten den endgültigen Beweis, daß auch in Deutschland schwere Erkrankungen der Äpfel durch Bormangel vorkommen.

I. Symptome und Verbreitung der Krankheit

Seit einer Reihe von Jahren trat in einem Obstgarten in der Nähe von Ulm besonders an der Sorte *Osnabrücker Renette* in von Jahr zu Jahr wechselnder Stärke eine eigenartige Krankheit unbekannter Ursache auf. Nach Angaben von Herrn Gartenbaurat F. WENCK, durch dessen Einsendung kranker Früchte an das Institut für Pflanzenkrankheiten Geisenheim die Aufmerksamkeit auf die Erscheinung gelenkt wurde, war die Krankheit besonders auch im Jahre 1938 stark ausgeprägt. 1940 war nach eigener Feststellung an einzelnen Bäumen kaum ein gesunder Apfel zu finden. Die Früchte der übrigen Bäume dieser Sorte waren zu einem mehr oder weniger hohen Prozentsatz erkrankt.

Die Krankheitssymptome an den Früchten erstrecken sich auf die Größe, Form und Farbe der Frucht, sowie die Beschaffenheit des Fruchtfleisches. Sie wirken sich in qualitativer und quantitativer Hinsicht ganz besonders stark aus, wenn sie schon frühzeitig auftreten. So konnten 1940 die ersten Symptome schon im Juni beobachtet werden. Solche früh erkrankten Früchte bleiben



Abb. 1
Früh erkrankte Äpfel der Sorte ***Osnabrücker Renette***, stark verkrüppelt, mit Einsenkungen und Beulen. Die Früchte sind sehr klein geblieben, wie der Vergleich mit der Abbildung 2 zeigt.

sehr klein (Abb. 1 und 2) und haben nicht mehr die für die Sorte typische Form. Es gibt Äpfel, die nach oben allseitig spitz zulaufen oder einseitig abgeflacht sind (Abb. 3). Andere haben statt der mehr oder weniger kugeligen eine zylindrische Form (Abb. 3). Auch in diesem Falle ist durch Einbuchtungen der Oberfläche die Form unsymmetrisch. Außerdem kommen ganz unregelmäßig beulige, stark verkrüppelte Früchte vor (Abb. 1). In den Vertiefungen der Oberfläche ist die Schale meistens dunkler gefärbt. Auf Quer- oder Längsschnitten erkennt man, daß im Innern der Früchte Teile des Fruchtfleisches braun gefärbt sind. Es handelt sich hier meist um größere, aus abgestorbenen

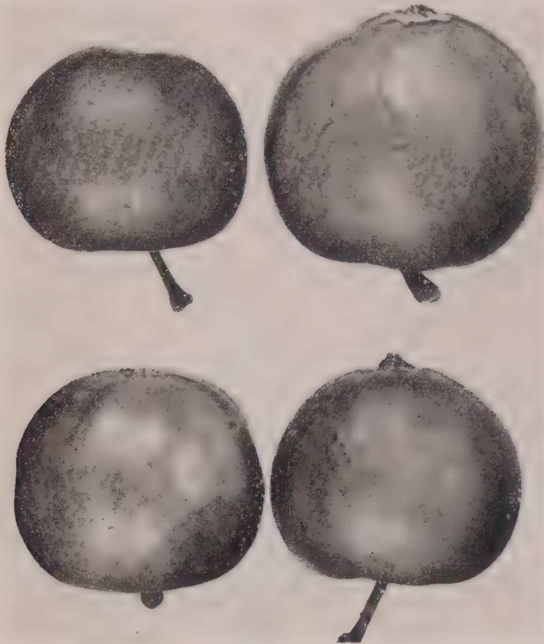


Abb. 2
Gesunde Früchte von *Osnabrücker Renette*,
zu gleicher Zeit (im August) aufgenommen wie die bormangelkranken Äpfel von Abbildung 1

Zellen bestehende Gewebeteile (Abb. 4 und 5). Sie sind die Ursache für die starke Verkrüppelung der Früchte, die über diesen Stellen nicht mehr oder nicht im gleichen Maße wie in den umgebenden noch gesunden Teilen des Fruchtfleisches in die Dicke wachsen. Die Lage und Ausdehnung dieser abgestorbenen Gewebezonen bestimmen demnach die Gestaltung der Oberfläche und die Form der kranken Früchte, wie deutlich an den Längs- und Querschnitten der Abbildungen 4 und 5 zu erkennen ist. Sie bewirken außerdem zum Teil die schon erwähnte dunklere Färbung der Schale, die über dem braunen Gewebe dunkler erscheint. Diese kommt in vielen Fällen noch dadurch zustande, daß zwischen der Schale und den abgestorbenen Teilen des Fruchtfleisches eine dunkelgrüne Zone eingeschaltet ist. Nicht selten findet man von braunem Gewebe umgrenzte Höhlungen im Fruchtfleisch, die durch Schrumpfung

der toten Zellen entstanden sind (Abb. 4—7 und 12). Solche Zellkomplexe sind meist von zunderig-zäher Beschaffenheit.

Diese früh erkrankten Früchte bleiben in ihrer Entwicklung weit hinter gesunden zurück, wie ein Vergleich der Abbildungen 1 und 2 deutlich zeigt. Im Jahre 1940 angestellte Gewichtsbestimmungen der Äpfel von je zwei gesunden und kranken Bäumen ergaben (Tabelle 1), daß der Ernteausfall durch die Krankheit rund die Hälfte bis zwei Drittel betragen kann. An einem anderen Standort wurde für das Jahr 1943 der durch die Bormangelkrankheit eingetretene Verlust auf ein Drittel des Ertrages geschätzt.

Tabelle 1

Durchschnittliches Gewicht von kranken und gesunden Äpfeln der Sorte Osnabrücker Renette von je zwei Bäumen (a und b)

	Krank		Gesund	
	a	b	a	b
2. August 1940	22 g	18 g	38 g	43 g
19. Oktober 1940	50 g	47 g	114 g	150 g

Bei den in den Abbildungen 1 und 3 bis 5 dargestellten Fällen frühzeitiger Erkrankung war die Mißbildung der Äpfel durch das Absterben einiger weniger größerer Gewebeteile im Fruchtfleisch entstanden. Bei anderen Früchten konnte eine starke Entwicklungshemmung und Verkrüppelung durch die Bildung unzähliger kleiner, brauner, stippenartiger, toter Zellhaufen beobachtet werden (Abb. 6). Diese auf Quer- und Längsschnitten mehr oder weniger rundlich erscheinenden Flecke von ca. 1—10 mm Durchmesser liegen oft so

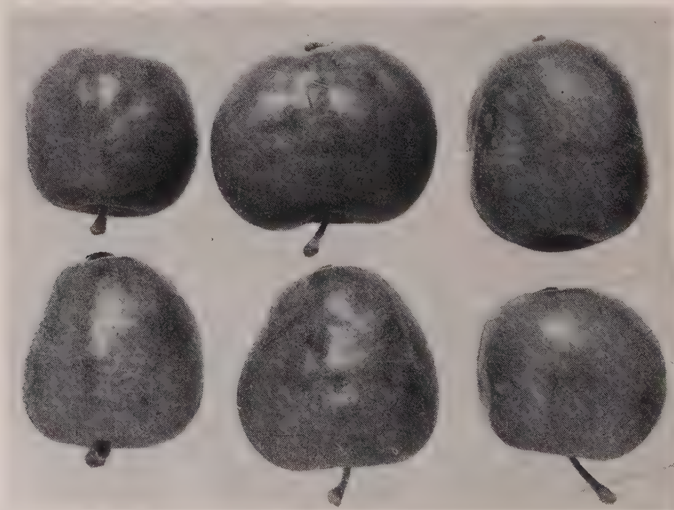


Abb. 3
Veränderungen der Form der Äpfel durch Bormangel.
Sorte: *Osnabrücker Renette.* Die normale Ausbildung der Früchte siehe in Abbildung 2.

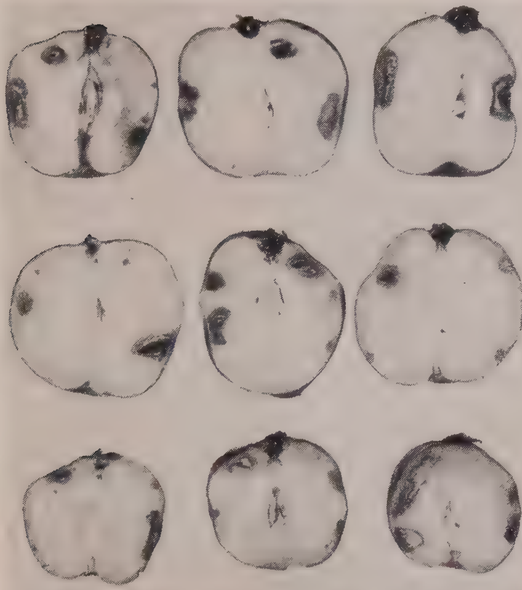


Abb. 4
Bormangelkranke Früchte aus Abb. 1 längs durchgeschnitten. Größere Teile des Fruchtfleisches abgestorben und braun. Teilweise Höhlungen in den toten Gewebeteilen, deren Lage die Form der Früchte bestimmt.

zahlreich und dicht beieinander, daß sie sich gegenseitig berühren und ineinander übergehen (Abb. 7). Sie kommen in allen Teilen des Fruchtfleisches vom Kernhaus bis zur Schale vor, häufen sich jedoch oft gegen die Peripherie zu besonders an. Die Oberfläche solcher Früchte ist über den stark erkrankten Teilen des Fruchtfleisches durch zahlreiche kleine Vertiefungen unregelmäßig gewellt (Abb. 8).

Von den bisher geschilderten Krankheitsbildern, die eine starke Veränderung der Form und Größe der kranken Früchte erkennen ließen, unterscheiden sich die bei schwacher oder später beginnender Erkrankung auftretenden Symptome nicht unwesentlich. Bei meist nur geringem oder nicht nachweisbarem Unterschied in der Größe sind auf der Oberfläche der kranken Früchte einzelne flache Vertiefungen zu erkennen (Abb. 9), in denen die Schale dunkler gefärbt und bei rauhschaligen Sorten wie der Osnabrücker Renette mehr oder weniger glatt ist. Dadurch erhalten die Äpfel ein fleckiges Aussehen. Den Mulden in der Oberfläche entspricht eine stippenartige Zellnekrose im Fruchtfleisch (Abb. 10). Diese auf Schnittflächen rundlichen, braunen Flecke von oft nur wenigen Millimetern Durchmesser grenzen meist nicht direkt an die Schale an, sondern sind von dieser durch eine oft nur schmale Zone gesunden Gewebes getrennt. Die den toten Zellhaufen be-

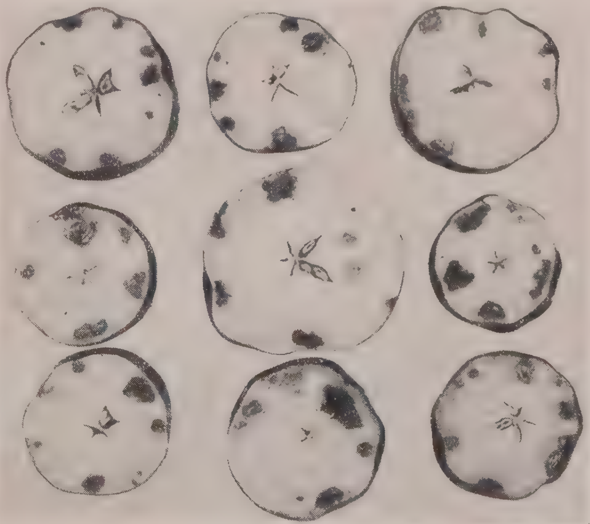


Abb. 5
Verkrüppelte, frühzeitig erkrankte Früchte im Querschnitt. Tote Gewebeteile unter der Schale. Sorte: *Osnabrücker Renette.*

nachbarten, noch lebenden Zellen haben häufig einen höheren Chlorophyllgehalt als das übrige Fruchtfleisch. Diese dunkelgrüne Zone und die braune Farbe der Stippen lassen die darüber liegende Schale dunkler erscheinen. Aus Abbildung 10 ist klar zu erkennen, daß die abgestorbenen Gewebeteile die Ursache für die Einsenkungen der Oberfläche sind. Daneben finden sich jedoch häufig solche Zellnekrosen auch tiefer im Fruchtfleisch, selbst dicht am Kernhaus, ohne daß eine Vertiefung auf der Oberfläche damit zusammenhängt (Abbildung 11). Daraus folgt, daß auch diese Nekrosen erst in einem späteren Entwicklungszustand der Früchte auftraten. Die in den Abbildungen 9 und 10 veranschaulichte Krankheitsform kann in manchen Fällen zur Verwechslung mit der Stippfleckenkrankheit führen, während diese Möglichkeit bei der schweren Form der Verkrüppelung ausgeschlossen ist. Jedoch ist eine Unterscheidung bei genauer Kenntnis der Symptome beider Krankheiten durchaus nicht schwierig. Eine ausführliche Darstellung hierüber habe ich in einer der oben genannten Arbeiten gegeben (MAIER, 1941).

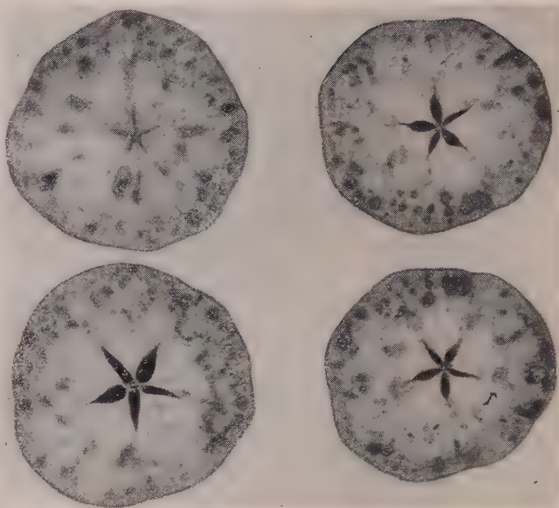


Abb. 6
Verkrüppelung bei *Ontario* durch zahlreiche, stippenartige Nekrosen im Innern.

Neben diesen Krankheitssymptomen, die mit den in der amerikanischen Literatur als "internal cork" und "corky pit" bezeichneten Erscheinungen identisch sind, konnte noch eine andere, dem "corky core" entsprechende Manifestation des Bormangels beobachtet werden. Hierbei tritt eine Nekrose und Braunfärbung des dem Kernhaus anliegenden Teiles des Fruchtfleisches ein, während das übrige Gewebe mehr oder weniger gesund bleibt. Dabei kann es häufig zur Bildung eines das Kernhaus umschließenden Mantels aus abgestorbenem Gewebe

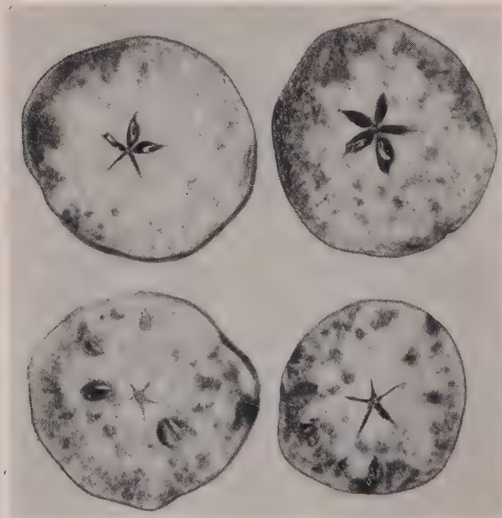


Abb. 7
Große Teile des Fruchtfleisches sind abgestorben durch dichte Aneinanderlagerung von zahllosen, stippenförmigen, braunen Zellhaufen. Sorte: *Ontario*.

kommen (Abb. 12). Solche Früchte sind äußerlich nicht als krank zu erkennen, wenn nicht noch einzelne peripher gelegene tote Gewebeteile die Gestaltung der Oberfläche beeinflussen, wie es im Beispiel der Abb. 12 der Fall ist.

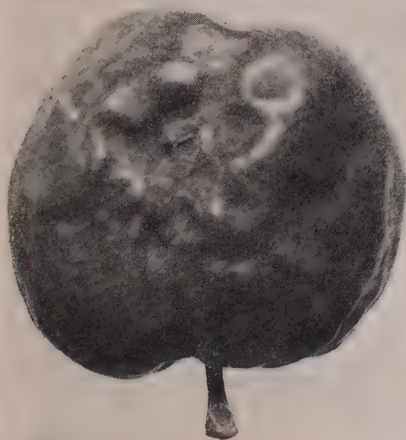


Abb. 8
Zahlreiche Vertiefungen auf der Oberfläche als Folge der in den Abbildungen 6 und 7 dargestellten Veränderungen im Fruchtfleisch. Sorte: *Ontario.*



Abb. 9
Spätes Auftreten der Krankheit mit geringer Formveränderung der Frucht. Wenige schwache Einsenkungen der Schale. Sorte: *Osnabrücker Renette.*

Die mehr oder weniger zahlreichen, kleineren oder größeren, braunen Nekrosestellen im Fruchtfleisch, welche die Ursache für die Form- und Farbveränderung der Frucht darstellen, sind nicht die einzigen Symptome, mit denen sich Bormangel äußert. Neben diesen Krankheitsbildern konnte ich weniger häufig eine andersartige Veränderung von Äpfeln beobachten, die zunächst mit diesen ursächlich nicht in Zusammenhang zu stehen schien. Diese Früchte blieben klein und hatten schorfige Streifen auf der Schale und tiefe Risse und Klüfte (Abb. 13), wie sie in ähnlicher Weise bei Kohlrabi unter Bormangel auftreten (MAIER, 1944). Da sie auf den gleichen Bäumen anzutreffen waren wie die übrigen kranken Äpfel, war der Nachweis, daß es sich hier ebenfalls um eine Bormangelerscheinung handelt, durch Bestimmung des Bor-

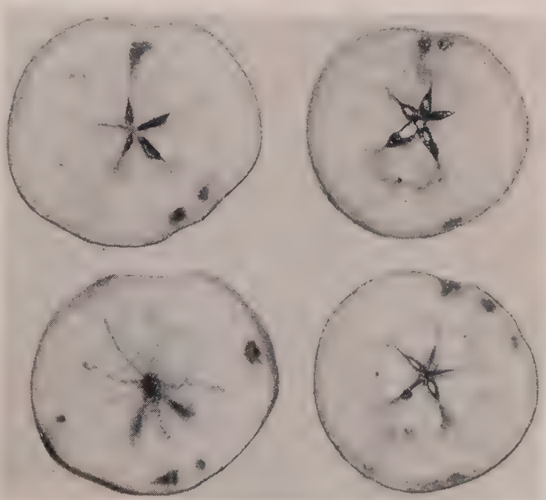


Abb. 10
Innere Symptome bei schwächerem Auftreten der Bormangelkrankheit.
Links: *Landsberger Renette.* Rechts: *Baumanns Renette.*

säuregehaltes zunächst nicht zu erbringen. Erst als an anderer Stelle die Krankheit nur in dieser Form festgestellt werden konnte, war die Ursache im Bormangel zu erkennen. Dieses Krankheitsbild dürfte mit der schweren Form des "drought spot" übereinstimmen, bei der tiefe Sprünge und Risse in der Frucht bei rauher, rissiger Schale auftreten (McLARTY, 1928, HILL, 1937). Auch MEIER (1940) berichtet über das Vorkommen solcher rissigen Früchte in der Schweiz und hält Bormangel als Ursache für wahrscheinlich.



Abb. 11
Gewebsnekrosen in der Nähe des Kernhauses ohne äußerlich sichtbare Symptome des Bormangels. Sorte: *Später Transparent.*

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Krankheitsformen — 1. Frühes Absterben größerer Teile des Fruchtfleisches und starke Deformierung der Frucht; 2. Stippenartige Nekrosen mit mehr oder weniger starker Verkrüppelung bis kaum zu erkennender Formveränderung; 3. Bräunung und Absterben der an das Kernhaus anschließenden Zone des Fruchtfleisches ohne Beeinflussung der Form der Frucht; 4. Bildung von schorfig-rissigen Streifen und Rissen; — sind natürlich nur als Grenzfälle zu betrachten. Zwischen ihnen gibt es alle Übergänge, wobei der Zeitpunkt des Auftretens, die Dauer und Stärke des Bormangels, sowie vermutlich auch Sortenunterschiede für die Ausbildung des Krankheitsbildes und den Grad der Erkrankung eine Rolle spielen dürften.

Im Laufe der Untersuchungen konnte die Krankheit an einer Reihe von Standorten und Sorten festgestellt werden. Nach den bisherigen Erhebungen, die noch nicht abgeschlossen sind, ist es erstaunlich, daß eine so charakteristische und mit schweren wirtschaftlichen Einbußen sich äußernde Krankheit seither keine Beachtung gefunden hat. Wie oben schon gezeigt wurde, konnten bei kranken Bäumen Ernteverluste von einem bis zwei Drittel des Ertrages gesunder Bäume ermittelt werden. Dabei handelte es sich um Hochstammbäume, von denen bis zu 12 Zentner Äpfel von jedem gesunden Baum geerntet werden konnten.

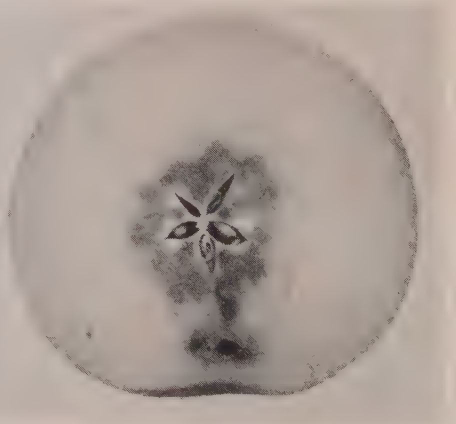


Abb. 12
Eine geschlossene Zone von abgestorbenem Fruchtfleisch rings um das Kernhaus, ebenfalls eine Folge von Bormangel.
Sorte: *Unterweisacher Boskoop.*

Neben der Beeinträchtigung der Quantität spielt die qualitative Wertminderung durch die Krankheit eine große Rolle, da kranke Äpfel nicht als Tafelobst verwendet werden können und bei starker Erkrankung auch als Wirtschaftsobst nicht brauchbar sind. In manchen Jahren tritt die Krankheit ganz besonders stark auf, in anderen tritt sie weniger in Erscheinung. Doch sind zur Erkrankung neigende Bäume wohl in keinem Jahr frei von kranken Früchten. Es sind Fälle bekannt geworden, daß alte Hochstammbäume noch nie gesunde, stets nur kranke, kaum verwertbare Früchte getragen haben.

Außer an *Osnabrücker Renette* konnte die Krankheit in ihren verschiedenen Erscheinungsformen auch an den Sorten *Später Transparent, Ontario, Landsberger Renette, Baumanns Renette, Danziger Kantapfel, Welschisner, Unterweisacher Boskoop* und *Zabergäu-Renette* festgestellt werden. Das Vor-

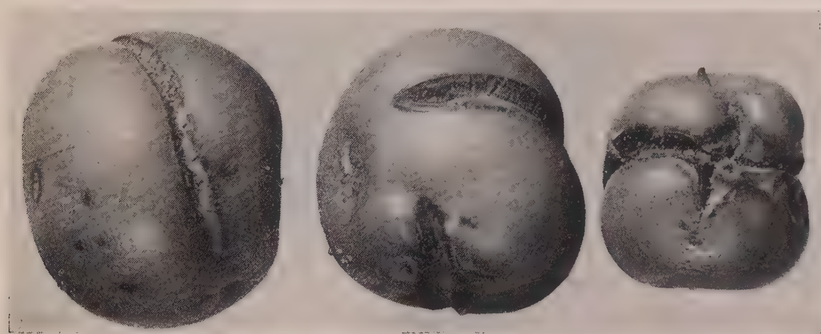


Abb. 13
Bildung von Rissen und Sprüngen bei gleichzeitiger Verkrüppelung ohne innere Symptome als besondere Form des Bormangels.
Sorte: *Osnabrücker Renette.*

kommen einer Bormangelkrankheit an Birnen ist wahrscheinlich. Die Untersuchungen hierüber sind noch im Gange. Über die Zusammenhänge zwischen dem Auftreten der Krankheit und edaphischen und klimatischen Faktoren soll nach Abschluß weiterer Untersuchungen berichtet werden.

II. Der Borsäuregehalt von kranken und gesunden Äpfeln

Wenn die im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Zellnekrosen im Fruchtfleisch und die dadurch entstehenden Form- und Farbveränderungen der Äpfel eine Folge von ungenügender Versorgung des wachsenden Gewebes mit Bor sein soll, so muß ein Unterschied zwischen dem Borgehalt von kranken und gesunden Früchten bestehen. Die chemische Analyse war demnach als ein wichtiges Beweismittel anzusehen. Deshalb wurden neben den weiter unten zu schildernden Bekämpfungsversuchen Apfelproben von den als krank festgestellten und von gesunden Bäumen auf ihren Borsäuregehalt untersucht.

In allen Fällen enthielten die kranken Äpfel weniger Borsäure als gesunde Früchte. Ihr Borsäuregehalt schwankte zwischen 13 und 27 mg H_3BO_3 je Kilogramm Trockensubstanz. Demgegenüber konnten in gesunden Früchten im Durchschnitt wesentlich höhere Borsäuremengen festgestellt werden. Nur einige Ulmer Proben ergaben Werte, die nicht viel höher lagen. Diese wurden

in Äpfeln von Bäumen gefunden, die in der Nähe kranker Bäume, also nicht unter wesentlich anderen edaphischen Faktoren standen. Daß unter bezüglich der Boraufnahme günstigeren Bodenverhältnissen der Borgehalt der Früchte viel höhere Werte erreicht, zeigen die Geisenheimer Proben, die 85—146 mg H_3BO_3 im kg Trockensubstanz enthielten. Kranke Früchte haben somit durchschnittlich nur einen Bruchteil der in gesunden Äpfeln vorkommenden Bormenge. ASKEW (1935) fand in den bormangelkranken Äpfeln in Neuseeland

Tabelle 2

Borsäuregehalt kranker und gesunder Äpfel verschiedener Sorten und Herkünfte

Erntejahr	Sorte	Herkunft	mg H_3BO_3 in 1 kg Trockensubstanz	
			Krank	Gesund
1940	Osnabrücker Renette	Ulm	22	65
	,, ,, ...	,,	15,3	41
	,, ,, ...	,,	23	51
	,, ,, ...	Geisenheim	—	85
	Ontario	,,	—	120
1941	Osnabrücker Renette	Ulm	27	45
	,, ,, ...	,,	26	42
	,, ,, ...	,,	22	53
	,, ,, ...	,,	—	41
1942	Osnabrücker Renette	Ulm	18	50
	,, ,, ...	,,	15,4	51
	,, ,, ...	Geisenheim	—	105
	Später Transparent	Ulm	16,5	
1943	Osnabrücker Renette	Ulm	19	63
	,, ,, ...	,,	24	76
	,, ,, ...	,,	25	—
	,, ,, ...	,,	15,4	—
	,, ,, ...	,,	14	—
	,, ,, ...	,,	19	—
	,, ,, ...	,,	14,4	—
	,, ,, ...	Geisenheim	—	95
	,, ,, ...	Kremensee	11,3	—
	Ontario	Ulm	14	32
	,, ...	,,	13	—
	,, ...	,,	21	—
	,, ...	Thuniswald	15,5	45
	,, ...	Ostrach	10,1	—
	,, ...	Geisenheim	—	137
	Unterweisacher Boskoop . .	Ulm	16,2	—
	Baumanns Renette	,,	16	41
	,, ,, ...	Geisenheim	—	146
	Welschisner	Kremensee	10,6	—
	,, ...	Obereschach	13	—
	Danziger Kantapfel	Tettnang	11,4	—
	,, ,, ...	Geisenheim	—	99
	Zabergäu Renette	Niederwangen	18,5	—
	Unbekannt	Berg	14	—

17—46 mg H_3BO_3 je kg Trockensubstanz. Daraus ist zu schließen, daß Bormangelsymptome auch schon bei höherem als dem von mir maximal in kranken Früchten festgestellten Borsäuregehalt auftreten können. Zweifellos werden Sortenunterschiede hierbei eine große Rolle spielen. Aber auch mit anderen Faktoren ist offensichtlich zu rechnen. Untersucht man nämlich vom gleichen Baum stammende Früchte mit und ohne Bormangelsymptome, so ist der Unterschied im Borsäuregehalt sehr gering oder nicht vorhanden. Warum in dem einen Fall Bormangelsymptome aufgetreten sind und im anderen nicht, ist noch zu klären. Es könnte sein, daß der unterschiedliche Borsäuregehalt in einem früheren Entwicklungsstadium die Ursache ist. Nach Feststellungen von ASKEW und Mitarbeitern (1936), die durch eigene Untersuchungen bestätigt werden konnten, nimmt der absolute Borsäuregehalt der Äpfel bis kurz vor der Reife zu, der auf das Trockengewicht berechnete jedoch während der Entwicklung der Früchte ständig ab. Vielleicht bringt die beabsichtigte genauere Analyse dieser Veränderung eine Beantwortung der hier angeschnittenen Frage.

III. Versuche zur Verhütung der Krankheit [1])

1. Injektion von Borsäure und Borax in Äste von kranken Bäumen

Da von der direkten Einführung von Borsäure oder Borax in die Äste kranker Bäume am raschesten eine Erhöhung des Borgehaltes der Früchte zu erwarten und mit dem etwa damit verbundenen späteren Ausbleiben der Krankheit der Beweis für das Vorliegen einer Bormangelerscheinung erbracht war, wurde am 2. August 1940, nachdem mir die Krankheit Ende Juli bekannt geworden war, Borsäure und Borax in gelöster und fester Form in Bohrlöcher von zehn Ästen zweier Bäume eingebracht. Am 9. und 10. Juni 1941 erhielten ebenfalls zehn Äste in der gleichen Weise Bor zugeführt. Bei dieser Form der unmittelbaren Borzufuhr zum Sproßsystem von Pflanzen ist jedoch zu beachten, daß die Wurzeln, die ja ebenfalls borbedürftig sind, kein oder nur wenig Bor erhalten (MAIER, 1938 und 1939).

Zur Injektion der Lösungen wurde aus einer höher hängenden Vorratsflasche durch einen Gummischlauch mit Glasspitze wässerige Borsäure- oder Boraxlösung in 0,05, 0,2 und 0,4 %iger Konzentration in ein bis etwa zur Mitte des Astes reichendes Bohrloch von 1 cm Durchmesser geleitet. Die Geschwindigkeit des Zustromes konnte mit Hilfe einer Klemme der Aufnahmefähigkeit des Astes angepaßt werden. Die den einzelnen Ästen zugeführten Flüssigkeitsmengen waren verschieden und betrugen 1/4 bis 1 Liter mit einem Gehalt von 0,12 bis 2 g Substanz. In anderen Fällen kamen statt der Lösung 0,8 g Borsäure oder 2 g Borax als Pulver in das Bohrloch. Nach Beendigung der Injektion wurden die Bohrlöcher mit Baumwachs verschlossen.

Die im August 1940 vorgenommene Injektion hatte, obwohl die Ernte erst Ende Oktober stattfand, keinen sichtbaren Einfluß mehr auf den Gesundheitszustand der Äpfel. Behandelte und nicht behandelte Äste hatten nur kleine, stark verkrüppelte Früchte mit braunen Flecken im Fruchtfleisch. Eine günstige Wirkung war auch kaum noch zu erwarten gewesen,

[1]) Herrn Gartenbaurat F. WENCK danke ich auch an dieser Stelle für seine Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.

da zur Zeit der Injektion die Krankheitssymptome schon sehr stark ausgebildet waren und keine weitere Ausprägung mehr erfuhren. In den beiden darauffolgenden Jahren, 1941 und 1942, trat die Krankheit nur vereinzelt auf; eine Auswertung war deshalb nicht möglich. Dagegen konnte sie im Jahre 1943 in größerem Ausmaß an einer Reihe von Bäumen und Apfelsorten beobachtet werden. Das Versuchsergebnis wurde am 4. September 1943 in der Weise festgestellt, daß nach Möglichkeit alle an den Versuchsästen hängenden gesunden und kranken Früchte gezählt wurden. Dabei konnten nur die äußeren Merkmale der Krankheit berücksichtigt werden. In der Tabelle 3 ist das Ergebnis der Zählungen an den noch auswertbaren Versuchsästen angegeben. Einer von den beiden Bäumen mit injizierten Ästen war seit 1941 mit Borax gedüngt worden, scheidet also für die Auswertung dieser Versuche aus. Zwei dünnere Äste waren durch das Anbohren geschwächt und durch Sturm abgebrochen worden. Deshalb sind von den 20 insgesamt 1940 und 1941 erfolgten Injektionen in der Tabelle 3 nur 12 wiederzufinden.

Das in der Tabelle 3 dargestellte Ergebnis ist eindeutig. Die im Jahre 1940 bzw. 1941 erfolgte Einführung von Borsäure oder Borax in die Äste hat das Auftreten der Krankheit so gut wie vollständig verhindert. Nur an zwei von 9 injizierten Ästen waren einige kranke Früchte zu finden. Demgegenüber brachten die nicht behandelten Kontrolläste 76% kranke Äpfel. Hierzu ist zu bemerken, daß bei der Auszählung nur die äußerlich krank erscheinenden Früchte berücksichtigt werden konnten. Hätten die Äpfel alle durchgeschnitten werden können, so wäre der Prozentsatz der kranken Früchte sicher noch höher, da bei orientierender Untersuchung vielfach gesund aussehende Früchte innere Krankheitssymptome aufwiesen.

Tabelle 3

Einfluß der Injektion von Ästen mit Borsäure bzw. Borax auf den Gesundheitszustand der Äpfel

A. Injizierte Äste					B. Kontrolläste			
Ast Nr.	Injiziert im Jahre	Äpfel			Ast Nr.	Äpfel		
		Insgesamt	Krank	Krank %		Insgesamt	Krank	Krank %
1	1940	160	0	**0**	1	40	26	**65**
2	1940	550	0	**0**	2	85	67	**78,8**
3	1940	7	0	**0**	3	85	66	**77,6**
4	1941	238	0	**0**	4	77	59	**76,6**
5	1941	130	5	**3,8**	5	5	4	**80**
6	1941	54	0	**0**	6	28	21	**75**
7	1940 u. 1941	106	0	**0**	7	79	62	**78,5**
8	1940 u. 1941	295	19	**6,4**	8	18	9	**50**
9	1940 u. 1941	210	0	**0**	9	44	38	**86**
Mittelwerte		1750	24	**1,4**		461	352	**76,3**

In allen injizierten Ästen war die günstige Wirkung auf die Ausbildung der Äpfel unabhängig von der Art und Form der zugeführten Borpräparate festzustellen. Deshalb habe ich davon abgesehen, für jeden Versuch einzelne Angaben über die angewandte Bormenge zu machen. Bei den höchsten Bor-

gaben allerdings traten Schäden an Blättern und Zweigen auf. Bei den injizierten Ästen Nr. 5 und 8 mit einem geringen Prozentsatz kranker Früchte hat, wie die Boranalysen ergaben, der seit 1941 nicht mehr ergänzte Borvorrat im Jahre 1943 nicht genügt, alle Früchte ausreichend mit Bor zu versorgen. In einer später erscheinenden Veröffentlichung sollen nähere Angaben über die Änderung des Borgehaltes in den Ästen nach der Injektion und die schädliche Konzentration gemacht werden.

2. Düngungsversuche

Von 1941 ab wurden zwei Bäume der Sorte *Osnabrücker Renette*, die 1940 fast nur kranke Früchte getragen hatten, jeweils im Frühjahr mit Borax gedüngt. In den beiden ersten Jahren wurde hierzu Boraxpulver, im Jahre 1943 Boraxschlamm der Firma BORCHERS A.-G., Goslar, mit einem Gehalt von 40% Borax verwandt. Die zu verabreichenden Mengen wurden in gelöster bzw. suspendierter Form mit einer Düngelanze 30—40 cm tief in den Boden gebracht. Der größere Baum 2 erhielt in den drei aufeinanderfolgenden Jahren 500 g, 250 g und 1000 g, der kleinere Baum 8 = 250 g, 250 g und 600 g Borax. Die höheren Mengen wurden 1943 deshalb gegeben, weil die Analyse der Früchte gezeigt hatte, daß der Borgehalt trotz zweijähriger Düngung noch wesentlich niedriger war als derjenige gesunder Äpfel aus Geisenheim. Es sei jedoch betont, daß die mehrjährige Verabreichung dieser hohen Boraxgaben zur Gesundung der Bäume nicht notwendig gewesen wäre, sondern im Rahmen von Versuchen geschah, die in dieser Arbeit noch nicht ausgewertet sind.

An beiden Bäumen waren von 1941 ab keine kranken Früchte mehr festzustellen. Wie oben schon erwähnt wurde, konnte jedoch erst im Jahre 1943 eine zahlenmäßige Auswertung vorgenommen werden. Trotzdem in diesem Jahre die Krankheit sehr stark und an Bäumen und Sorten in Erscheinung trat, wo früher keine kranken Früchte festgestellt worden waren, konnte auf den beiden mit Borax gedüngten Bäumen auch bei genauester Prüfung kein kranker Apfel gefunden werden. Dagegen hatten alle Kontrollbäume zahlreiche kranke Früchte (Tabelle 4).

Tabelle 4
Der Einfluß der Düngung mit Borax auf den Gesundheitszustand der Äpfel
Sorte: Osnabrücker Renette. Auswertung am 4. September 1943

Prozentsatz kranker Äpfel			
Mit Borax gedüngt		Unbehandelt	
Baum 2	0 %	Baum 1	49 %
Baum 8	0 %	Baum 3	36 %
		Baum 5	70 %
		Baum 6	34 %

Bei Baum 1 und 3 waren nicht alle Äste gleich stark mit kranken Früchten besetzt. Auf den Ost- und Nordostseiten der Bäume waren die in der Tabelle

angegebenen Prozentsätze kranker Früchte festzustellen. Im übrigen Teil der Kronen war die Krankheit weniger stark aufgetreten, jedoch waren auch hier überall Äpfel mit den charakteristischen Symptomen zu finden. Die für die Bäume 5 und 6 mitgeteilten Prozentzahlen von 70 % und 34 % wurden durch Zählungen in allen Teilen der Krone gewonnen, so daß sie den durchschnittlichen Behang dieser Bäume mit kranken Früchten angeben. Da wiederum die Beurteilung nur nach äußeren Merkmalen vorgenommen werden konnte, ist der Anteil der kranken Früchte in Wirklichkeit sicher höher gewesen. Der Bordüngungsversuch brachte demnach ebenso wie die Injektionsversuche den einwandfreien Beweis, daß die oben beschriebene Krankheit der Äpfel durch Bor zu heilen ist.

Die jedes Jahr vorgenommenen Borbestimmungen zeigten einen von Jahr zu Jahr steigenden Borsäuregehalt der Äpfel auf den mit Borax gedüngten Bäumen. Er betrug 1943 bei den nicht behandelten Bäumen durchschnittlich 17 mg, bei den gedüngten 70 mg H_3BO_3 im Kilogramm Trockensubstanz. Somit ließ sich auf diese Weise die Beziehung zwischen dem Auftreten der Krankheit und der Borarmut der Früchte deutlich erkennen.

3. Versuche mit Graseinsaat

In der Reihe der *Osnabrücker Renette* war ein Baum, der sich vor allen übrigen durch die verhältnismäßig geringe Zahl kranker Früchte auszeichnete. Dieser hatte als einziger keine offene Baumscheibe, sondern auch unter der Krone bis zum Stamm Graswuchs. Es wäre immerhin möglich, daß dieser Unterschied in den Kulturbedingungen mit dem besseren Gesundheitszustand des Baumes in ursächlichem Zusammenhang steht. Ähnliche Beobachtungen kann man bei der Chlorose von Obstbäumen machen, die in offenem Boden leichter auftritt als auf Grasland und dort in vielen Fällen nach Graseinsaat verschwindet (WALLACE, 1929, WENCK, 1942, MAIER, 1942). Da *Gramineen* bekanntlich verhältnismäßig wenig Bor brauchen und aufnehmen, ist es denkbar, daß das von den Gräsern mit Hilfe der Wurzelausscheidungen gelöste Bor nicht restlos von ihnen aufgenommen wird, sondern teilweise den Wurzeln des Baumes zur Verfügung steht. Die Untersuchung des Bodens unter dem im Grasland wachsenden und einem in derselben Reihe in offenem Erdreich stehenden Baum ergab im ersteren Fall einen zwei- bis dreimal höheren Borsäuregehalt (Tabelle 5). Ob der höhere Borgehalt des Bodens unter der Gras-

Tabelle 5

Borsäuregehalt des Bodens unter einem Baum in unbepflanzter und mit Gras bewachsener Erde[1])

	mg H_3BO_3 in 100 g wasserfreiem Boden	
	5–20 cm tief	50–60 cm tief
Offener Boden	0,49	0,37
Unter Grasnarbe	0,86	1,11

[1]) Die Untersuchung der Bodenproben auf Nährstoffgehalt und Spurenelemente wurde in dankenswerter Weise von der Bad. Staatl. Landw. Versuchsstation Augustenberg durchgeführt.

narbe im oben genannten Sinn zu deuten ist, oder zufällig unter dem gesünderen Baum der Boden an sich schon einen höheren Borgehalt besitzt, läßt sich ohne weiteres nicht entscheiden.

Auf Grund dieser Feststellungen wurde unter zwei Bäumen in die seither offene Baumscheibe im Frühjahr 1941 Gras eingesät. Beide trugen auch 1943 noch eine große Anzahl kranker Früchte. Eine volle Wirkung wie bei der Injektion und Düngung ist somit zum mindesten nicht erzielt worden. Sie war allerdings auch nicht zu erwarten, da der von jeher im Grasland stehende Baum ebenfalls zum Teil kranke Früchte hatte. Ob ein Teilerfolg erreicht wurde oder noch wird, läßt sich vielleicht bei mehrjähriger Beobachtung entscheiden. Jedenfalls spricht das bisherige Versuchsergebnis noch nicht gegen den oben als möglich bezeichneten Einfluß der Grasbewachsung auf die Borversorgung der Bäume.

IV. Zusammenfassung

1. Es wird eine bisher in Deutschland nicht beachtete Krankheit der Äpfel beschrieben, als deren Ursache Bormangel festgestellt wurde.
2. Die bei Bormangel sich einstellenden Krankheitserscheinungen sind verschiedener Art. Bei frühem Auftreten des Bormangels sterben größere Teile des Fruchtfleisches unter Braunfärbung ab, oder es treten zahlreiche, stippenartige, braune Nekrosen im Fruchtfleisch auf. In beiden Fällen bleiben die Früchte klein, besitzen Vertiefungen in der Schale, die hier dunkler gefärbt ist, werden beulig oder erhalten eine ganz unregelmäßige, wellige Oberfläche.
3. Macht sich Bormangel erst in einem späteren Entwicklungszustand bemerkbar, so sind die stippenförmigen Nekrosen mehr vereinzelt im Fruchtfleisch zu finden. Liegen sie an der Peripherie, so entstehen flache Einsenkungen mit dunkler gefärbter Schale. In der Nähe des Kernhauses liegend beeinflussen sie die Form der Früchte nicht.
4. Bei einer anderen Erscheinungsform der Krankheit stirbt der innere Teil des Fruchtfleisches ab, so daß das Kernhaus von einer geschlossenen Zone braunen Gewebes umgeben ist.
5. Die Bildung von verkrüppelten Äpfeln mit tiefen Rissen und Sprüngen, in denen die Schale schorfig-rissig ist, konnte ebenfalls als eine Folge von Bormangel erkannt werden.
6. Zahlreiche Analysen zeigten, daß der Borsäuregehalt von kranken Äpfeln wesentlich niedriger ist, als der von gesunden Früchten. Bei den kranken Früchten lagen die Werte meistens zwischen 10 und 25 mg, bei den gesunden zwischen 40 und 150 mg je Kilogramm Trockensubstanz.
7. Durch Einführung von Borsäure und Borax in gelöster und fester Form in Äste kranker Bäume konnte das Auftreten der Krankheit verhindert werden. An nicht behandelten Kontrollästen waren 76% der Früchte krank.
8. Auch die Düngung der Bäume mit Borax führte zu einem vollen Erfolg.
9. Über einen Versuch mit Graseinsaat unter bormangelkranken Bäumen wird berichtet.

Schrifttum

1 ASKEW, H. O. The boron status of fruit and leaves in relation to "internal cork" of appels in the Nelson District. N. Zeal. Journ. Sci. Techn., **17**, 388—391, 1935.

2 ASKEW, H. O., E. CHITTENDEN and R. H. K. THOMSON. The use of borax in the control of "internal cork" of appels. N. Zeal. Journ. Sci. Techn., **18**, 365—380, 1936.

3 ATKINSON, J. D. Progress report on the investigation of corky pit of appels. N. Zeal. Journ. Sci. Techn., **16**, 316—319, 1935.

4 BRANDENBURG, E. Die Herz- und Trockenfäule der Rübe als Bormangelerscheinung. Phytopathol. Zeitschrift, **3**, 499—517, 1931.

5 BRANDENBURG, E. Die Herz- und Trockenfäule der Rüben — Ursache und Bekämpfung. Angew. Botanik, **14**, 194—228, 1932.

6 BRANDENBURG, E. Die sogenannte Glasigkeit der Steckrüben. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten, **47**, 53—58, 1937.

7 BRANDENBURG, E. Über die Grundlagen der Boranwendung in der Landwirtschaft. Phytopathol. Zeitschrift, **12**, 1—112, 1939.

8 HILL, H. Functional disorders of appels on the tree. Ann. rep. East Mall. Res. Stat. 1936, 180—182, 1937.

9 MAIER, W. Die Notwendigkeit des Bors in der Pflanze. Ber. D. Bot. Ges., **56**, 1. Gen.-Vers. H., 84—100, Taf. III—VII, 1938.

10 MAIER, W. Die Wirkung des Bors auf die Pflanze bei direkter Zufuhr von Borsäure zum Sproß. Chron. Bot., **5**, 334—336, 1939.

11 MAIER, W. Stippigkeit und Bormangelkrankheiten bei Äpfeln. Gartenbauwissenschaft, **15**, 427—452, 1941.

12 MAIER, W. Kann die Stippfleckenkrankheit der Äpfel durch Bor geheilt werden? Geisenheimer Mitteilungen, Jahrg. 57, 90—94, 1942.

13 MAIER, W. Was wissen wir heute von der Chlorose? Forschungsdienst, **13**, 149—169, 1942.

14 MAIER, W. Eine Bormangelkrankheit des Sellerie *(Apium graveolens* L. var. *rapaceum* [Mill.] D. C.) D. Gartenbauw., **18**, 47—58, 1943.

15 MAIER, W. Bormangelerscheinungen an Blumenkohl und Kohlrabi im Freiland. Angewandte Botanik, **26**, 1944 (im Druck).

16 MCLARTY, H. R. Some observations on physiological diseases in apple in British Columbia. Sci. Agric., **8**, 636—650, 1928.

17 MCLARTY, H. R. Tree injections with boron and other materials as a control for drought spot and corky core of apple. Sci. Agric., **16**, 625—633, 1936.

18 MEIER, K. Über stippige und krüppelige Früchte sowie andere krankhafte Veränderungen an solchen und an Trieben von Obstbäumen und ihre Ursachen. Schweizer. Zeitschr. für Obst- und Weinbau, **49**, 79—92, 1940.

19 WALLACE, T. Investigations on chlorosis of fruit trees. IV. The control of limeinduced chlorosis in the field. Journ. pomol. hortic. sci., **7**, 251—269, 1929.

20 WENCK, F. Ein Beitrag zur Heilung der Gelbsucht. Geisenheimer Mitteilungen, Jahrg. 58, 10—11, 1943.

21 YOUNG, L. C. and C. F. BAILEY. Progress report on the investigation of corky core of apples. Sci. Agric., **17**, 115—127, 1936.

Bemerkung

In der Arbeit GASSNER „Beiträge zur Giftwirkung der Quecksilberalkyle“ (diese Zeitschrift, Heft 4, Bd. 14, 1943, S. 386) ist darauf hingewiesen, daß die von KLAGES 1927 gebrachten Hg-molaren Konzentrationen um eine Dezimale zu tief angegeben sind. Herr Prof. KLAGES legt Wert auf die Feststellung, daß er selbst 1936 in einer Richtigstellung in der Zeitschr. f. Angew. Chemie, S. 167 auf diesen Fehler hingewiesen und diesen durch das Vorliegen von Druckfehlern erklärt hat.